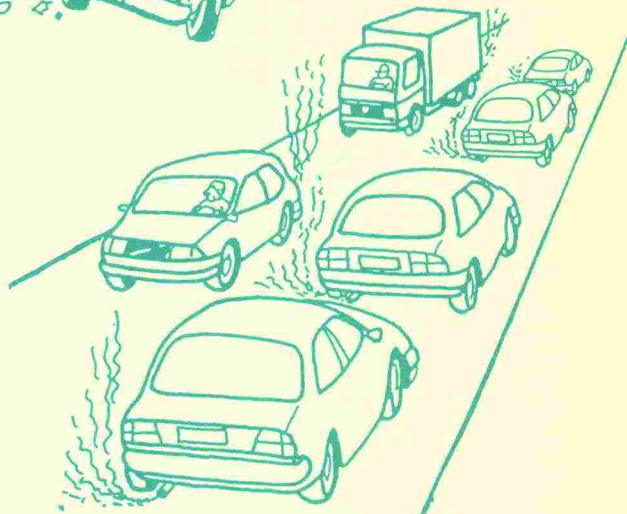
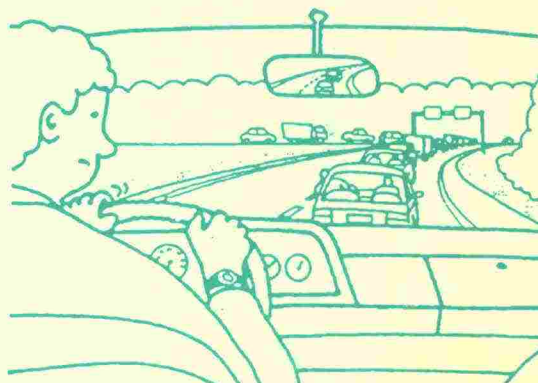
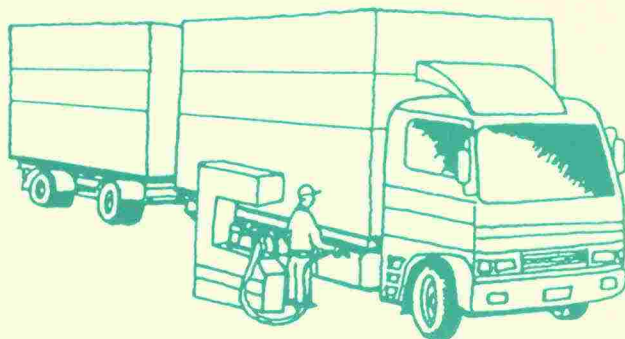


Tielaitos

Tieliikenteen ajokustannukset 1992



Liikenne ja
tieverkko

Helsinki 1992

Tiehallitus

08 TIEL / TIC



Tielaitos
Tiehallituksen kirjasto

Doknro: 920668
Nidenro: 920710

Tieliikenteen ajokustannukset 1992

Tielaitos
Tiehallitus

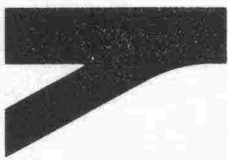
Helsinki 1992

ISBN 951-47-6062-X
TIEL 2123614-92
Valtion painatuskeskus
Helsinki 1992

Julkaisua myy:
Tiehallitus, painotuotevarasto

Tielaitos

Tiehallitus
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puh. vaihde (90) 1541



VASTAANOTTAJA
Tiepiirit

SÄÄDÖSPERUSTA

KORVAA/MUUTTA
TIEL 2123614-91

KOHDISTUVUUS
TIEH, aluehallinto

VOIMASSA
18.5.1992 - toistaiseksi

ASIASANAT

ajokustannukset, ajoneuvokustannukset, aikakustannukset, onnettomuuskustannukset, ympäristökustannukset

Tieliikenteen ajokustannukset 1992 (TIEL 2123614-92)

Tieliikenteen ajokustannukset 1992 -julkaisu on laadittu ensisijaisesti tielaitoksen sisäiseen käyttöön. Julkaisu sisältää ajoneuvo-, aika- ja onnettomuuskustannusten perusarvot ja kustannusten laskentamenetelmät lähinnä hanketarkasteluja varten. Lisäksi käsitellään lyhyesti melun ja pakokaasujen haittojen hinnoittelua. Tarkastelunäkökulma on yhteiskuntataloudellinen (ei yksityistaloudellinen).

Ajokustannusten laskentaperusteet on hyväksytty vuonna 1990 sekä melu- ja pakokaasuhaittojen hinnoitteluperusteet vuonna 1991 tielaitoksen johtokunnassa. Tähän julkaisuun on ajoneuvo-, aika- ja onnettomuuskustannusten osalta tehty kustannustason muutoksia vastaavat korjaukset. Melun ja pakokaasujen vaikutusten hinnoittelu on uutta. Uusia yksikköarvoja käytetään kaikissa tehtävissä liikennetaloudellisuustarkasteluissa. Myös aikaisemmin laadittuja kustannuslaskelmia voidaan joutua uusimaan päätöksen teon sitä vaatiessa.

Tiehankkeiden ajokustannuslaskelmat ovat usein rajoittuneet vain tien pääsuunnan tarkasteluun. Liikennetaloudellisten laskelmien tekeminen kattavasti vaatii kuitenkin tieverkollisen tarkastelun, jossa voidaan ottaa huomioon muutokset myös rinnakkaisilla ja poikittaisilla yhteyksillä sekä liittymissä. Tässä julkaisussa esitettyä yksinkertaistettua laskentamenetelmää voidaan soveltaa toistaiseksi tavanomaisissa tapauksissa.

Apulaisjohtaja
Kehittämiskeskus

Pauli Velhonoja
Pauli Velhonoja

Dipl.insinööri

Pentti O. Karvonen
Pentti O. Karvonen

LISÄTIETOJA
Tiehallitus, kehittämiskeskus
Jukka Ristikartano
Puh. (90) 1542341
Mervi Karhula
Puh. (90) 1542342

JAKELU/MYYNTI
Tiehallitus, painotuotevarasto
Opastinsilta 12 A tai PL 33
00521 HELSINKI
Puh. (90) 1541

TIEDOKSI:

Pääjohtaja

Ylijohtaja

S, T, H, E

S-vastualueet

Ohjekokoelma

TIEH:n kirjasto

Liikenneministeriö

Ympäristöministeriö / KR-osasto

Tiekonsultit

Karvonen

Ristikartano

Karhula

LUKIJALLE

Tieliikenteen ajokustannukset koostuvat kolmesta osasta: ajoneuvo-, aika- ja onnettomuuskustannuksista. Laskentaperusteita ja -menetelmiä on uudistettu laajemmin vuonna 1990. Tähän vuoden 1992 julkaisuun on lisätty liikenteen ympäristövaikutusten alueelta melun ja pakokaasujen haittojen hinnoittelu. Muilta osin on tehty lähinnä kustannustason muutoksia vastaavat korjaukset.

Tielaitoksen aiempiin (ennen v. 1990) ajokustannusjulkaisuihin verrattuna merkittävimpiä muutoksia laskentaperusteissa ovat seuraavat:

- ajoneuvokustannukset lasketaan kannattavuustarkasteluissa yhteiskuntataloudellisina, jolloin mm. tieliikenteen erityisverot jätetään pois laskelmista kaikilta autolajeilta
- yksityiskäytössä olevien henkilöautojen pääomakustannuksista otetaan mukaan vain ajosuoritteeseen kohdistuva osa
- ajoneuvokustannukset jaetaan kolmeen osaan: ajosuoritteeseen ja ajoaikaan kohdistuviin osiin sekä polttoaineenkulutuksen mukana muuttuvaan osaan
- onnettomuuskustannukset määritetään onnettomuusasteiden ja liikennemäärien avulla
- melun ja pakokaasujen haitat hinnoitellaan.

Ajoneuvokustannusten laskentamenetelmä (uudistettiin v. 1990) perustuu liikennevirran keskimääräisen matkanopeuden määrittämiseen kullekin tielle ja liikennetilanteelle, sillä ajoneuvokustannukset muuttuvat nopeuden ja nopeusvaihteluiden mukana. Vilkkaan liikenteen aiheut-

tama ajoneuvokustannusten kasvu voidaan ottaa huomioon jakamalla vuoden liikenne liikennemääräluokkiin, jota menetelmää voidaan soveltaa myös liikenteen aikakustannusten laskentaan.

Onnettomuusmäärä arvioidaan yhdistämällä tieto tapahtuneista onnettomuuksista ja tieolojen keskimääräisestä onnettomuusmäärästä. Turvallisuuden parantamistoimenpiteiden vaikutus onnettomuusmääriin voidaan arvioida eri toimenpiteille määritettyjen vaikutuskertoimien avulla.

Melun ja pakokaasujen haittojen yksikköhinnat perustuvat arvioon näiden haittojen kokonaiskustannuksista Suomessa vuonna 1989 (hintataso korjattu julkaisussa vuoden 1992 tasoon). Kustannukset lasketaan melulle alttiina olevien asukasmäärien sekä pakokaasupäästömäärien perusteella. Laskentaa sovelletaan lähinnä tieverkon kehittämishankkeiden esisuunnittelussa ja tienpidon ohjelmien vaikutuksia arvioitaessa.

Ajoneuvokustannusten sekä melu- ja pakokaasupäästöhaittojen hinnat on laskettu tiehallituksen suunnitteluosaston kehittämiskeskuksessa. Aika- ja onnettomuuskustannusten perusarvot on tarkistettu tiehallituksen tutkimuskeskuksessa.

Yksikköarvojen sekä niiden määrittäysperusteiden kehitystä seurataan vuosittain ja tulokset julkaistaan tiehallituksen julkaisuna.

Tämän julkaisun yksikköarvot vastaavat tienrakennusindeksin 136 kustannustasoa.

Sisältö

1	AJOKUSTANNUSTEN PERUSARVOT 1992	8
2	AJOKUSTANNUSTEN LASKENTAPERUSTEET	11
2.1	Autolajien ominaisuudet	11
2.2	Ajoneuvokustannusten osat	12
2.3	Liikenteen vaikutus ajoneuvokustannuksiin	13
2.4	Aikakustannukset	15
2.5	Onnettomuuskustannukset	16
2.6	Ympäristökustannukset	18
3	AJOKUSTANNUSTEN LASKENTAMENETELMÄ	19
3.1	Tarvittavat lähtötiedot	19
3.2	Tuntiliikenteiden määrittäminen	21
3.3	Matkanopeuksien määrittäminen	22
3.4	Ajoneuvokustannusten laskeminen	24
3.5	Aikakustannusten laskeminen	27
3.6	Onnettomuusmäärien selvittäminen	28
3.7	Onnettomuuskustannusten laskeminen	32
3.8	Ympäristökustannusten laskeminen	33
3.9	Tiehankkeen kustannukset	35
3.10	Taloudellisuustarkastelut	36
4	LIITE	38
	Tuntiliikenneluokkiin perustuva ajoneuvokustannusten alustava laskentamenetelmä	38

1 AJOKUSTANNUSTEN PERUSARVOT

Ajoneuvokustannukset (Ank)

Ajoneuvokustannuksia tarkastellaan liikennetaloudellisissa laskelmissa **yhteiskuntatalouden näkökulmasta**. Kustannuksissa ei siten ole mukana polttoaineiden ja autojen hintoihin sisältyviä erillisveroja eikä moottoriajoneuvoveroa. Yksityiskäytössä olevien henkilöautojen osalta on jätetty pois se osa pääomakustannuksista,

jonka ei oleteta olevan sidoksissa ajosuoritukseen. Taulukossa 1.1 on vasemmalla esitetty liikennetaloudellisten laskelmien perustana olevat ajoneuvokustannusten perusarvot. Taulukossa oikealla olevat yksityistaloudelliset kustannukset (tienkäyttäjän näkökulma) on esitetty lähinnä vertailun vuoksi.

Taulukko 1.1 Ajoneuvokustannusten perusarvot 1992 (keskimäärin koko vuonna, kustannustaso vastaa tr-indeksiä 136)

Yhteiskuntataloudellinen kust.	
Autolaji	Ajoneuvokustannus (Ank) p/km
Henkilöauto	68
Pakettiauto	162
Kevyt auto	78
Linja-auto	335
Kuorma-auto	367
Raskas auto	361

Yksityistaloudelliset kust.lisät		
Erityisverot p/km	Muut yks. tal. kust. p/km	Yhteensä (Ank+lisät) p/km
35	33	136
17	0	179
33	30	141
31	0	366
51	0	418
48	0	409

Taulukon 1.1 ajoneuvokustannusten yhteiskuntataloudelliset perusarvot eivät sellaiseenaan sovellu hankkeiden taloudellisten tunnuslukujen laskemiseen (perusarvot kuvaavat keskimääristä kustannustasoa). Tiehankkeiden taloudelliset tarkastelut on tehtävä hankkeen olosuhteisiin sovitetuilla yksikkökustannuksilla, joi-

den määrittämisperusteet on esitetty luvussa 2 ja laskentamenetelmät luvussa 3.

Kevyen ja raskaan auton (tyyppiautot) muodostumista eri autolajeista on tarkasteltu luvussa 2.1.

Aikakustannukset (Aik)

Ajokustannuslaskelmissa liikenteessä käytetyn ajan arvo on sidottu henkilöautoilla teollisuustyöntekijän keskimääräiseen tuntipalkkaan ja matkan tarkoitukseen.

Ammattimaisen liikenteen aikakustannusten laskentaperustana on ajohenkilöstön keskimääräinen palkkataso. Linja-auton matkustajien aikakustannuksina käytetään matkaryhmän työ- tai asiointimatkat (henkilöautot) ajan arvoa.

Taulukko 1.2 Aikakustannusten perusarvot 1992 (kustannustaso vastaa tr-indeksiä 136)

Autolaji	Matkan tarkoitus	Kuormitus henkilöä/auto	mk/tunti /henkilö	mk/tunti /auto
Henkilöauto	Työajan matka	1,3	111,90	145,50
	Työ- tai asiointimatka	1,6	18,90	30,20
	Vapaa- tai loma-ajan matka	2,2	10,80	23,70
	Keskimäärin	1,9		39,70
Pakettiauto	Työajan matka	1,0	77,90	77,90
Kevyt auto		1,8		43,50
Linja-auto		1+13,5		350,80
Kuorma-auto		1,1	96,10	105,70
Raskas auto				149,80

Ajokustannuksia laskettaessa aikakustannukset (p/km) saadaan jakamalla autokohtainen ajan arvo matkanopeudella. Laskennat on pyrittävä tekemään matkaryhmittäin (matkan tarkoitus)

sekä laskelmat kevyille ja raskaille autoille erikseen. Jos matkojen tarkoitusjakauma ei ole tiedossa, joudutaan käyttämään keskiarvolukuja.

Onnettomuuskustannukset (Onk)

Onnettomuuksien hintoihin sisältyy suorien taloudellisten menetysten lisäksi myös hyvinvoinnin menetystä kuvaava kustannus, joka on määritetty ns. yhteiskunnallisen maksuhalukkuuden pohjalta (arvioitu kullekin henkilövahinkotyyppille erikseen).

Taulukossa 1.3 on esitetty onnettomuuskustannusten perusarvot yleisillä teillä. Kustannuksia on korjattu ns. edustavuuskertoimilla, jolloin on otettu huomioon tielaitoksen onnettomuustilaston peittävyys.

Taulukko 1.3 Onnettomuuskustannusten perusarvot 1992 (yleiset tied, kustannustaso vastaa tr-indeksiä 136)

Onnettomuuden seuraus/ onnettomuustyyppi	Kustannus (mk)
Kuollut	7 560 000
Pysyvästi vammautunut	4 715 000
Tilapäisesti vammautunut	50 000
Vammautunut keskimäärin	140 000
Kuolemaan johtanut onnettomuus	8 850 000
Vammautumiseen johtanut onnettomuus	209 000
Henkilövahinko-onnettomuus	945 000
Omaisuuksivahinko-onnettomuus	42 000
Tieliikenneonnettomuus keskimäärin	308 000

Ajokustannuksia laskettaessa arvioidaan nykyisten ja suunniteltujen teiden henkilövahinko-onnettomuusasteet. Arvioitujen liikennesuoritteiden

avulla määritetään odotettavissa olevat onnettomuusmäärät, joista voidaan määrittää vuotuiset onnettomuuskustannukset.

Ympäristökustannukset (Ymk)

Ympäristökustannuksina arvioidaan melun ja pakokaasujen aiheuttamien haittojen kustannukset. Muita ympäristövaikutuksia ei hinnoitella vaan ne

arvioidaan ympäristövaikutusten arviointimenettelyn yhteydessä.

Taulukko 1.4 Tieliikenteen melun ja pakokaasujen yksikköhinnat 1992

Päästölaaji	Yksikkökustannus	Yksikkö
Melu	5 000	mk vuodessa / melun häiriönä kokeva asukas
Typen oksidit	4 800	mk / tonni
Hiilivedyt	9 600	- " -
Hiukkaset	87 500	- " -
Hiilidioksidi	150	- " -

2 AJOKUSTANNUSTEN LASKENTAPERUSTEET

2.1 Autolajien ominaisuudet

Ajoneuvokustannusten perusarvot on laskettu käyttäen lähtötietoina taulukon 2.1 autolajien ominaisuuksia. Tiedot perustuvat mm. autorekisterikeskuksen ja autoalan yhdistysten julkaisemiin tilastoihin sekä mittauksiin. Polttoai-

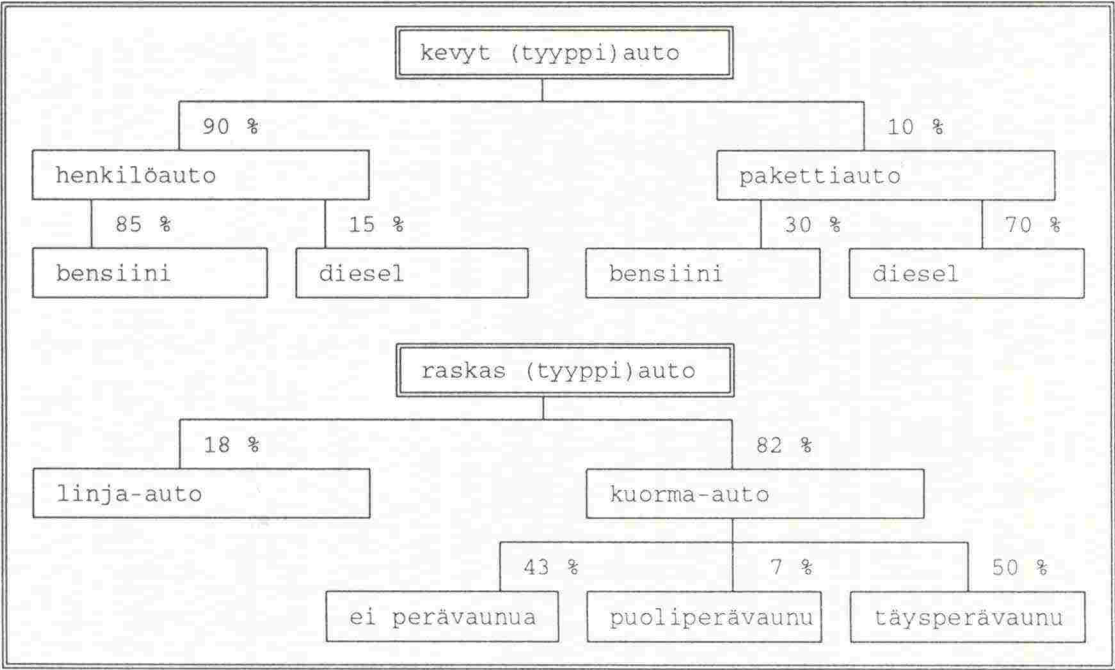
neenkulutus kuvaa keskimääräistä kulutusta vuoden aikana. Kevyt ja raskas tyyppi-auto on muodostettu näistä kuvan 2.1 kaavion mukaisilla ajosuoriteosuuksilla painottaen.

Taulukko 2.1 Eri autolajien perusominaisuudet

Autolaji	ha	pa	la	kaip	kapp	katp
Polttoaineenkulutus (l/100km)	7,9	11	30	26	37	43
Ajosuorite (km/a)	17500	15000	72500	33500	70000	90000
Hinta (mk)	73000	97000	914000	415000	920000	1086000
" erityisveroin (105000)		-	-	-	-	-
Poistoaika (a)	13	10	13	10	10	10
Arvonalenema (%/a)	15	20	15	20	20	20
Korkokanta (%/a)	10	11	11	11	11	11
Dieselkäyttöisiä (%)	8	70	100	100	100	100

Polttoaineiden hinnat (veroton/verollinen) alku-
vuoden (tammikuu) 1992 hintatasossa olivat:

benssiini 95 E 2,28/3,96, benssiini 99 2,40/4,53
ja dieselöljy 2,06/3,10 mk/l.



Kuva 2.1 Tyyppi-autojen muodostuminen ja ajosuoritteiden painot

2.2 Ajoneuvokustannusten osat

Ajoneuvokustannukset muodostuvat seitsemästä osasta (taulukko 2.2). Osat on jaettu ajosuoritteesta, ajoajasta ja polttoaineenkulutuksesta määräytyviin osiin. Kustannuksista polttoaine-, korjaus-, huolto-, voitelu- ja rengaskustannusten oletetaan muuttuvan polttoaineenkulutuksen mukana. Ylläpito-, hallinto- ja pääomakustannukset on jaettu ajosuoritteesta ja ajoajasta määräytyviin osiin. Yksityiskäytössä olevien henkilöautojen ylläpito- ja hallintokustannukset on jätetty pois. Pääoman poistosta ja korosta otetaan laskelmiin mukaan puolet, mikä voidaan katsoa

ajosuoritteen vaikutukseksi yksityisen henkilöauton arvonalenemaan. Vakuutusmaksut eivät sisälly ajoneuvokustannuksiin vaan onnettomuuskustannuksiin.

Eri autolajien laskennalliset **yhteiskuntataloudelliset kilometrikustannukset** (keskimäärin) muodostuvat taulukoiden 2.2 ja 2.3 mukaisiksi. Vertailun vuoksi on esitetty myös ne kustannuserät, jotka aikaisempiin (ennen v. 1990) ajokustannusjulkaisuihin verrattuna (yksityistaloudellinen näkökulma) on jätetty pois.

Taulukko 2.2 Kevyiden autolajien ajoneuvokustannusten (Ank) muodostuminen keskimäärin 1992

Osakustannukset	Henkilö-auto (p/km)	Paketti-auto (p/km)	Kevyt auto (p/km)
Polttoaine	18,1	23,6	18,6
Korjaus, huolto ja voitelu	20,4	27,0	21,0
Renkaat	2,9	4,4	3,1
Ylläpito	0,9	9,7	1,8
Hallinto	0,7	11,2	1,8
Pääoman poisto	15,7	57,7	19,9
Pääoman korko	9,7	28,6	11,6
Yhteensä (Ank)	68,4	162,2	77,8

Yksityistaloudelliset kustannuslisät (p/km)			
Polttoainevero	13,8	14,3	13,8
Moottoriajoneuvovero	0,8	2,8	1,0
Autovero	20,0	0,0	18,0
Liikenteen erityisverot yhteensä	34,5	17,1	32,8
Osa kiinteistä kustannuksista	33,3	0,0	30,0
Yksityistaloudellinen kustannus	136,3	179,2	140,6

Taulukko 2.3 Raskaiden autolajien ajoneuvokustannusten (Ank) muodostuminen keskimäärin 1992

Osakustannukset	Linja- auto (p/km)	Kuorma-auto (p/km)			Raskas auto (p/km)
		ilman pv.	puolipv.	täysperäv.	
Polttoaine	61,8	53,6	76,2	88,6	70,7
Korjaus, huolto ja voitelu	78,2	82,2	53,3	57,6	69,8
Renkaat	10,7	18,7	32,2	39,5	26,6
Ylläpito	17,5	22,2	10,6	8,3	15,0
Hallinto	23,2	20,9	19,5	15,1	18,9
Pääoman poisto	85,3	110,6	117,3	107,7	105,2
Pääoman korko	57,8	54,7	58,1	53,3	54,9
Yhteensä (Ank)	334,5	363,0	367,1	370,2	361,0

Yksityistaloudelliset kustannuslisät (p/km)					
Polttoainevero	31,2	27,0	38,5	44,7	35,7
Moottoriajoneuvovero	0,0	16,3	14,0	13,1	11,9
Liikenteen erityis- verot yhteensä	31,2	43,3	52,4	57,8	47,6
Liiketaloudellinen kustannus	365,7	406,3	419,6	428,0	408,6

Laskelmien polttoaineenkulutuksen suhteessa muuttuvien kustannusten perustasoiksi saadaan kevyille autoille **42,8 p/km** ja raskaille autoille **167,0 p/km**. Kiinteiksi kustannuksiksi saadaan

vastaavasti **35,0 p/km** ja **194,0 p/km** ja ne jaetaan ajosuoritteesta ja ajoajasta määräytyviin osiin (jako 50/50 % vertailunopeuksilla 80 ja 70 km/h).

2.3 Liikenteen vaikutus ajoneuvokustannuksiin

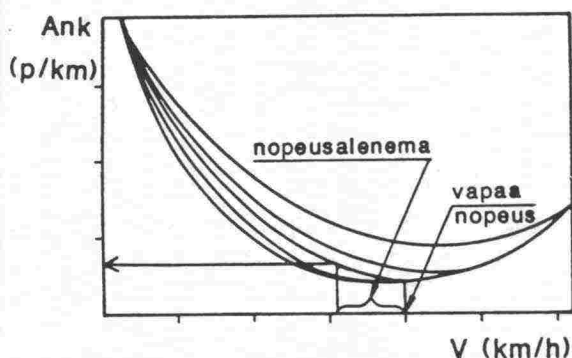
Ennen vuotta 1990 käytetyissä ajokustannusten laskentaa käsitelleissä tielaitoksen julkaisuissa ajoneuvokustannusten määrittäminen perustui nopeustason arvioimiseen ja tien toiminnalliseen luokkaan. Koska saman luokan tiet voivat olla ominaisuuksiltaan hyvinkin erilaisia, on tästä jaottelusta luovuttu. Harkinnanvaraiset ajoneuvokustannusten korjaukset (esim. tavallisesta poikkeavan tiegeometrian vaikutus) on korvattu uusilla kustannusmalleilla, jotka perustuvat matkanopeuden määrittämiseen nopeusmalleilla kullekin tielle ja liikennetilanteelle. Nopeusmallien avulla voidaan lisäksi laskea aikakustannukset.

Autojen ajokilometrin kustannukset muuttuvat nopeuden muuttuessa. Matkanopeuksiin vaikuttavat mm. nopeusrajoitus, tien ominaisuudet ja liikennetilanne. Laskelmia varten on kehitetty kustannusmallit, joissa **ajoneuvokustannusten perustaso** määräytyy sen nopeustason mukaan, jota kuljettajat keskimäärin noudattavat vapaissa liikenneoloissa (ns. **vapaa nopeus**). Tähän kustannusten tasoon lasketaan korjaus, kun **tie- ja liikenneolot aiheuttavat keskinopeuden aleneman**. Kustannusten määräytymisen periaate on esitetty kuvassa 2.2. Liikenteen ns. vapaan nopeuden ja eri liikennetilanteiden nopeuksien

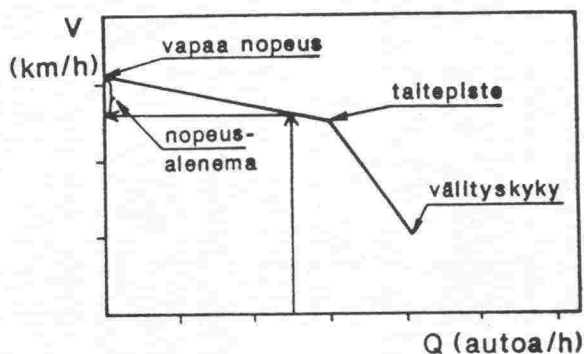
laskemiseksi on kehitetty nopeusmallit, joista saatavien nopeuksien avulla voidaan määrittää ajoneuvokustannukset eri liikennetilanteille.

Liikenteen ajoneuvokustannukset vuoden ajalta saadaan laskettua, kun tiedetään liikennesuorite jakautuminen eri tuntiliikenneryhmiin. Vuoden jokaisen tunnin liikenteelle ruuhkautuneimasta hiljaisimpaan voitaisiin mallilla laskea ajoneuvokustannukset. Riittävä laskentatarkkuus saavutetaan kuitenkin yleensä laskemalla liikenteen keskimatkanopeudet ja **kustannukset vapaissa liikenneoloissa ja vuoden 1000. vilk-**

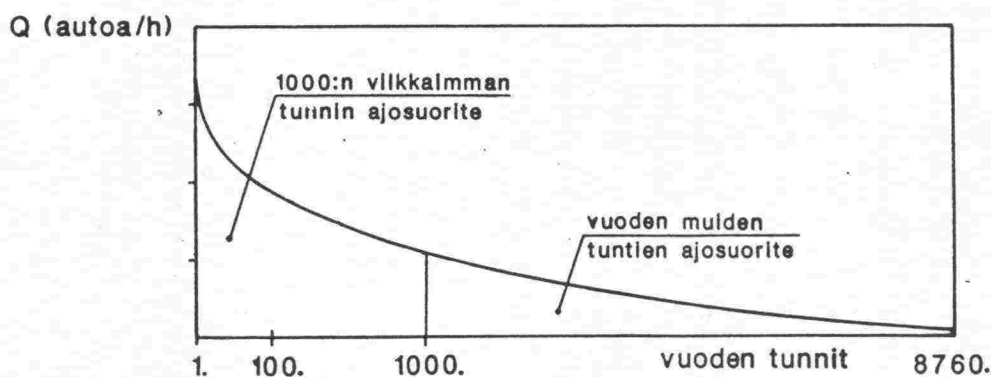
kaimpana tuntina, joka yleensä vastaa kustannuksiltaan vuoden keskimääräistä tasoa. **Ruuhkautuvissa oloissa menetelmä arvioi kustannukset liian pieniksi**, sillä luvussa 3 esitetty laskentamenetelmä sisältää vain nopeusmallin taitepistettä edeltävän osan. Jos tarkasteltava tie ruuhkautuu, suositellaan tarkemman laskentamenetelmän käyttöä (liite). Liitteessä esitellään kehitteillä olevaa laskentamenetelmää, jossa ajosuorite jaetaan tuntiliikenneryhmiin ja näiden ryhmien keskimääräisiä ajokustannuksia painotetaan ryhmien ajosuoriteosuuksilla.



Kustannusmalli



Nopeusmalli



Tuntijärjestyskäyrä

Kuva 2.2 Ajoneuvokustannusten riippuvaisuus liikennetilanteesta

2.4 Aikakustannukset

Ajan arvo henkilöautoilla on laskennallisesti sidottu teollisuustyöntekijän keskimääräiseen kokonaistuntipalkkaan (53,90 mk, arvio I nelj./92). Ajan arvo vaihtelee matkan tarkoituksen mukaan:

- **matkat työaikana:** ajan arvo on 1,3 kertaa bruttotuntipalkan ja vastaavien (välittömien) työnantajakulujen summa. Työnantajakulujen osuus on 59,7 %

- **matkat kodin ja työpaikan välillä sekä erilaiset asiointimatkat:** ajan arvo on 35% keskimääräisestä bruttotuntipalkasta
- **matkat vapaa- ja loma-aikana:** ajan arvo on 20% keskimääräisestä bruttotuntipalkasta.

Pakettiautoilla ajan arvo on kuljettajan bruttotuntipalkan ja työnantajakulujen summa. **Kevyen auton** ajan arvot on laskettu kilometrisuoritteilla painottaen (pakettiautojen osuus 10%). Pakettiautomatkat sisältyvät työajan matkoihin.

Taulukko 2.4 Kevyiden autolajien aikakustannusten perusarvot 1992

Autolaji	Matkan tarkoitus (suoriteosuus %)	Kuormitus henkilöä/ auto	Kustannus mk/tunti /henkilö	Kustannus mk/tunti /auto
Henkilöauto	Työajan matka (11)	1,3	111,90	145,50
	Työ- tai asiointimatka (40)	1,6	18,90	30,20
	Vapaa- tai loma-ajan matka(49)	2,2	10,80	23,70
	Keskimäärin	1,9		39,70
Pakettiauto		1,0	77,90	77,90
Kevyt auto	Työajan matka (20)	1,15		111,50
	Työ- tai asiointimatka (36)	1,6		30,20
	Vapaa- tai loma-ajan matka(44)	2,2		23,70
	Keskimäärin	1,8		43,50

Linja-autoilla ajan arvo on laskettu kuljettajan bruttotuntipalkan ja työnantajakulujen sekä matkustajien ajan arvon summana. Matkustajien ajan arvona on käytetty taulukon 2.4 työ- tai asiointimatkaryhmän mukaista arvoa.

Kuorma-autoilla ajan arvo määräytyy ajohenkilöstön keskimääräisen bruttotuntipalkan (48,80 mk, arvio I nelj./92) ja vastaavien työnantajakulujen summana. Kuljetettavalle tavaralle ei lasketa ajan arvoa.

Taulukko 2.5 Raskaiden autolajien aikakustannusten perusarvot 1992

Autolaji	Kuormitus henkilöä/ auto	Kustannus mk/tunti /henkilö	Kustannus mk/tunti /auto
Linja-auto	1+13,5		350,80
Kuorma-auto	1,1	96,10	105,70
Raskas auto			149,80

2.5 Onnettomuuskustannukset

Liikenneonnettomuuksien aiheuttamien kustannusten laskemiseksi käytetyt menetelmät vaihtelevat eri maissa huomattavasti. Eroja aiheuttaa erityisesti ns. **hyvinvoinnin menetysten** arvottaminen. Suomessa onnettomuuskustannukset lasketaan **yhteiskunnalliseen maksuhalukkuuteen** perustuvan menetelmän mukaisesti (käytössä mm. Ruotsissa ja Tanskassa).

Onnettomuuskustannukset lasketaan kahtena osana: onnettomuuden aiheuttamat reaalitaloudelliset menetykset ja ns. hyvinvoinnin menetykset.

Taloudellisia kustannuksia ovat kustannuserät, jotka aiheutuvat onnettomuudessa syntyneiden vahinkojen korjaamiseen käytetyistä resursseista, onnettomuuden seurauksena syntyvistä tuotannonmenetyksistä ja muista vastaavista suorista rahallisista kuluista. Nämä kustannukset muodostuvat seuraavasti:

- onnettomuuden uhrin työn menetys (bruttokansantuote/työvoima)
- sairaanhoitokulut
- hallintokulut
- (hautajaiset)
- ajoneuvovahingot.

Hyvinvoinnin menetykset lasketaan yhteiskunnalliseen maksuhalukkuuteen perustuvana. Kustannusosa sisältää sekä onnettomuuden seurauksena aiheutuvat että koetun onnettomuusrisikin aiheuttamat hyvinvoinnin menetykset. Menetykset on arvioitu henkilövahinkotyypeittäin seuraavasti:

- **Onnettomuudessa kuolleen** hyvinvoinnin menetys on 100-prosenttisesti invalidisoituneen ihmisen keskimääräinen laitoshoitokustannus jäljellä olevalta elinajalta (30v).
- **Pysyvästi vammautuneen** hyvinvoinnin menetys on määritelty keskimääräisen lääketieteellisen invaliditeettiasteen mukaisesti (46% täysininvalidin menetyksestä).
- **Tilapäisesti vammautuneen** hyvinvoinnin menetys on arvioitu vertaamalla sairauspäivien lukumäärää pysyvästi vammautuneen laitoshoidoaikaan (0,5% pysyvästi vammautuneen menetyksestä).

Onnettomuuskustannukset arvotetaan laskettavissa olevia taloudellisia kustannuksia suuremmiksi. Yksikkökustannusten määrittelyssä on käytetty diskonttauskorkona 5%:a ja talouskasvuarviona 2,4%:a. Invaliditeettiasteet perustuvat suomalaiseseen tilastoaineistoon.

Henkilövahinkojen yksikkökustannukset on esitetty taulukossa 2.6 ja onnettomuuslajeittaiset yksikkökustannukset taulukossa 2.7. Yksikköhinnat ovat merkittävästi suurempia kuin ennen vuotta 1990 käytetyt hinnat (peruslaskelmaa vuodelta 1978 oli 1980-luvulla korjattu vuosittain vain kustannusindeksillä).

Taulukko 2.6 Liikenneonnettomuuden henkilövahinkojen yksikkökustannukset yleisillä teillä 1992

Vahinkotyyppi	Yksikkökustannus (mk)		
	Taloudellinen kustannus	Hyvinvoinnin menetys	Yhteensä
Kuollut	2 780 000	4 780 000	7 560 000
Pysyvästi vammautunut	2 535 000	2 180 000	4 715 000
Tilap. vammautunut	36 000	14 000	50 000
- vaikea vamma	59 000	22 000	81 000
- lievä vamma	13 000	5 500	18 500
Vammautunut keskimäärin	86 500	53 500	140 000

Taulukko 2.7 Erilaisten onnettomuuksien yksikkökustannukset yleisillä teillä 1992

Onnettomuuslaji	Kustannus (mk)	
	Korjaamaton	Korjattu
Kuolemaan johtanut onnettomuus	8 850 000	8 850 000
Pysyvään vammautumiseen johtanut onnettomuus	5 530 000	5 530 000
Tilapäiseen vammautumiseen johtanut onnettomuus	57 000	90 500
Vammautumiseen johtanut onnettomuus	163 000	209 000
Henkilövahinko-onnettomuus	870 000	945 000
Omaisuuksivahinko-onnettomuus	13 000	42 000
Tieliikenneonnettomuus keskimäärin	242 000	308 000

Kustannukset on laskettu alkuvuoden 1992 hintatason mukaisina ja niissä on käytetty hyväksi tiehallituksen onnettomuustilastoja. Taulukossa 2.7 on esitetty sekä tilastojen perusteella lasketut kustannukset (korjaamaton luku) että ns. edustavuuskertoimien avulla korjatut kustannukset (korjattu luku). Taulukon 2.6 kustannukset on myös korjattu edustavuuskertoimilla.

Edustavuuskertoimien avulla on otettu huomioon yleisten teiden onnettomuuskustannusten las-

kennassa tielaitoksen onnettomuustilastojen peittävyys. Tieviranomaisen tietoon tulevat kaikki yleisten teiden kuolemaan johtaneet onnettomuudet, noin 65 prosenttia vammautumiseen ja noin 30 prosenttia omaisuusvahinkoon johtaneista onnettomuuksista. Vammautumiseen johtaneiden onnettomuuksien kustannuksia on korjattu keskimäärin edustavuuskertoimella 1,6 ja omaisuusvahinkoon johtaneiden kertoimella 3,3.

2.6 Ympäristökustannukset

Melun kustannuksiin sisältyvät haitat, jotka aiheutuvat lähinnä viihtyisyyden vähenemisestä. Haittojen kustannukset lasketaan melun häiritseväksi kokevien asukkaiden määrän ja melun yksikköhinnan avulla. Melun yksikköhinta on määritelty melun aiheuttaman päivittäisen häiriön keston ja tielaitoksen käyttämien ajan yksikköarvojen avulla. **Melun yksikköhinta / vuosi on 5000 mk / melun häiriönä kokeva asukas.**

Meluhaitat väylien läheisyydessä lasketaan päiväajan (klo 7-22) ulkomelun ekvivalenttitasojen avulla. Melun häiritseväksi kokevien osuus vaihtelee eri melutasoilla. Tiehankkeissa melun aiheuttaman haitan kustannuksia lasketaan 55 desibelin (dB) melutasosta lähtien. Melun häiritseväksi kokevien osuutena käytetään:

Melutaso dB	häiriötä kokevien osuus asukkaista %
55-65	33
65-70	50
> 70	100

Pakokaasujen kustannuksiin sisältyvät arviot haittojen aiheuttamista taloudellisista menetyksistä. Kustannukset lasketaan tiehankkeissa päästömäärien ja yksikköhintojen avulla. Pakokaasujen haittojen yksikköhintoja määritettäessä on tarkasteltu sairauksia, korroosiota, likaantumista, viihtyisyyden vähenemistä, metsän ja pellon tuoton vähenemistä sekä kasvihuoneilmiötä.

Tieliikenteen pakokaasujen aiheuttamat haitat aiheutuvat pääosin typen oksidien, hiilivetyjen, hiukkasten ja hiilidioksidin päästöistä. Näille yhdisteille on määritetty yksikköhinnat. Epävarmuustekijöiden takia typen oksidien, hiilivetyjen ja hiukkasten yksikköhintoja on korotettu kertomella 1,3. Yksikköhinnat on määritetty alkujaan vuoden 1989 hintatasossa. Taulukossa 2.8 esitetyt yksikköarvot on korjattu vuoden 1992 alun hintatasoon kuluttajahintaindeksin avulla.

Melun ja pakokaasujen hinnoittelu tiensuunnittelussa-raportissa (TIEL 3200058, Helsinki 1992) on esitetty tarkemmat perusteet hinnoittelumenettelystä.

Taulukko 2.8 Tieliikenteen melun ja pakokaasujen yksikköhinnat 1992

Päästölaji	Yksikkökustannus	Yksikkö
Melu	5 000	mk vuodessa / melun häiriönä kokeva asukas
Typen oksidit	4 800	mk / tonni
Hiilivedyt	9 600	- " -
Hiukkaset	87 500	- " -
Hiilidioksidi	150	- " -

3 AJOKUSTANNUSTEN LASKENTAMENETELMÄ

3.1 Tarvittavat lähtötiedot

Tässä esitetty laskentamenetelmä on kehitetty käsinlaskentaa varten ja menetelmä on sen vuoksi pyritty tekemään verrattain yksinkertaiseksi.

Kustannuslaskenta etenee seuraavasti:

- lasketaan tuntiliikenteet tarkasteluvuosille
- määritetään nopeusmalleilla liikenteen keskimääräiset matkanopeudet (kevyet ja raskaat autot)
- lasketaan ajoneuvo- ja aikakustannukset
- määritetään onnettomuusasteet
- lasketaan onnettomuuskustannukset

Lähtötietoina tarvitaan:

Nykyisten ja suunniteltujen linkkien (tieosien) pituus, poikkileikkaus (leveys, kaistojen määrä), tiegeometria (mäkisyys, kaarteisuus), liittymätiheys ja nopeusrajoitus.

Linkkien keskivuorokausiliikenteet, raskaiden autojen määrät, liikenteen jakautuminen nykyiselle ja suunnitellulle verkolle, liikenne-ennuste eri tarkasteluvuosille sekä tuntijärjestyskäyritä kunkin tieosan 1000. vilkkaimman tunnin liikenne eri vuosina.

Laskentamenetelmän kaavoissa on käytetty seuraavia merkintöjä:

V	(km/h)	matkanopeus vapaissa oloissa
dV	(km/h)	nopeusalenema
v	(km/h)	matkanopeus vallitsevissa oloissa (=V-dV)
V _{raj}	(km/h)	nopeusrajoitus
L	(km)	linkin pituus
N	(kpl)	kaistojen lukumäärä
W	(m)	päällysteen leveys
M	(m/km)	mäkisyys
K	(gon/km)	kaarteisuus
LT	(kpl/km)	liittymätiheys
KVL	(autoa/vrk)	keskivuorokausiliikenne
KVL _{rask}	(autoa/vrk)	raskaiden autojen keskivuorokausiliikenne
p	(%)	raskaiden autojen osuus
Q	(autoa/h)	tuntiliikenne
P	(l/100 km)	polttoaineenkulutus
dP	(l/100 km)	suhteellinen polttoaineenkulutus
A	(p/km)	ajoneuvokustannusten kiinteä osa
B	(p/km)	ajoneuvokustannusten muuttuva osa
v ₀	(km/h)	vertailunopeus
OA	(onn./milj.km)	onnettomuusasteen odotusarvo
OA _{hav}	(onn./milj.km)	havaittu onnettomuusaste
OA _{kes}	(onn./milj.km)	keskimääräinen onnettomuusaste
O	(onn./vuosi)	onnettomuusmäärä
O _{ilm}	(onn./vuosi)	onnettomuusmäärä ilman parantamistoimenpidettä
k	(-)	toimenpiteen vaikutuskerroin onnettomuusmäärään

Alaindeksit (esim. V_{kev}, V_{rask}) viittaavat kevyeen ja raskaaseen (tyyppi)autoon.

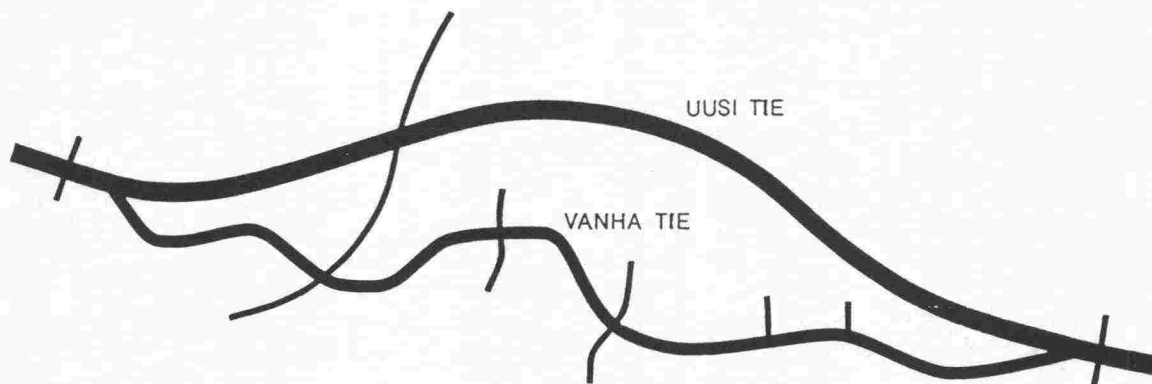
Kehystetyissä esimerkkilaskelmissa käsitellään vanhan valtatieyhteyden korvaamista moottoriliikennetiellä (mol-tie). 0-vaihtoehto merkitsee nykyistä tietä, vaihtoehto 1 sisältää uuden mol-tien ja sen rinnalla vanhan tien.

Esimerkin lähtötiedot:

	Nykyinen tie	Suunniteltu tie
pituus (km)	14,0	12,8
päällysteen leveys (m)	7	12,0
mäkisyys (m/km)	15	9
kaarteisuus (gon/km)	36	11
liittymätiheys (kpl/km)	0,53	0,06
nopeusrajoitus (km/h)	80	100
KVL 1990	5500	-
KVL _{rask} 1990	760	-

Tarkastelujakso on vv. 2000 - 2020, liikenteen kasvu 3%/a välillä 1990 - 2010 ja n. 1%/a välillä 2010 - 2030. Uudelle tielle siirtyy 80 % liikenteestä. Tuntijärjestyskäyrä oletetaan läheisen konelaskentapisteen mukaiseksi nykyisellä ja suunnitellulla tiellä. Moottoriliikennetien verkossa vanhalla tiellä käytetään eteläsuomalaisen seudullisen tien tuntijärjestyskäyrää.

Kaavio esimerkkihankkeesta



3.2 Tuntiliikenteiden määrittäminen

Liikenne-ennusteen avulla saadaan keskivuorokausiliikenteet sekä raskaan liikenteen määrät tiehankkeen avausvuodelle ja viiden vuoden

välein seuraaville 20 vuodelle (=käytettävälle tarkasteluajanjaksolle).

Keskivuorokausiliikenne, KVL (autoa/vrk)						
	1990	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto	5500	7392	8569	9934	10440	10973
Ve 1, uusi tie	-	5913	6855	7947	8352	8778
Ve 1, vanha tie	5500	1478	1714	1987	2088	2195

Raskas liikenne, KVL _{rask} (autoa/vrk)						
	1990	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto	760	1021	1184	1373	1443	1516
Ve 1, uusi tie	-	817	947	1098	1154	1213
Ve 1, vanha tie	760	204	237	275	289	303

Tuntijärjestyskäyrän avulla lasketaan tarkastelu-
vuosien 1000. tunnin tuntiliikenteet. Käyrä saa-
daan esimerkiksi läheisten konelaskentapistei-

den tiedoista, julkaisusta Koneellinen liikennelas-
kenta 1987 (TVH 713 427) tai liitteessä esitetyistä
tyypillisistä tuntijärjestyskäyristä.

Vuoden 1000. tunnin liikenne, Q ₁₀₀₀ . (autoa/h)					
	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto	591	686	795	835	878
Ve 1, uusi tie	473	548	636	668	702
Ve 1, vanha tie	118	137	159	167	176

3.3 Matkanopeuksien määrittäminen

Määritetään kevyiden ja raskaiden autojen **matkanopeus vapaisissa oloissa (V)**:

1-ajorataiset tiet

$$V_{kev} = 45 + 0,34 \cdot V_{raj} + 1,65 \cdot V_{raj} / 80 \cdot W$$

$$V_{rask} = 75 + W$$

2-ajorataiset tiet

$$V_{kev} = 40 + 0,6 \cdot V_{raj}$$

$$V_{rask} = 78 + 0,1 \cdot V_{raj}$$

Tarkistetaan, että raskaiden autojen keskimääräinen vapaa matkanopeus ei ole suurempi kuin kevyiden autojen ($V_{rask} \leq V_{kev}$).

0-vaihtoehto:

$$V_{kev} = 45 + 0,34 \cdot 80 + 1,65 \cdot 80 / 80 \cdot 7 = 83,8$$

$$V_{rask} = 75 + 7 = 82,0 (< 83,8)$$

$$\text{Ve 1, uusi tie: } V_{kev} = 103,8 \text{ ja } V_{rask} = 87,0$$

$$\text{Ve 1, vanha tie: } V_{kev} = 83,8 \text{ ja } V_{rask} = 82,0$$

Määritetään tien geometrian, liikenteen ja muiden olosuhteiden aiheuttama **matkanopeuden alenema** dV kunkin tarkasteluvuoden 1000 tuntina (verrattuna vapaisiin liikenneoloihin):

1-ajorataiset tiet

$$dV_{kev} = V_{raj} / 600 \cdot K + p / 10 \cdot LT + 0,08 \cdot V_{kev} \cdot Q / 1000$$

$$dV_{rask} = 0,04 \cdot V_{rask} \cdot Q / 1000 + 0,3 \cdot M$$

2-ajorataiset tiet

$$dV_{kev} = V_{raj} / 1000 \cdot K + p / 10 \cdot LT + 0,08 \cdot V_{kev} \cdot Q / (N \cdot 1000)$$

$$dV_{rask} = 0,04 \cdot V_{rask} \cdot Q / (N \cdot 1000) + 0,3 \cdot M$$

Tarkistetaan, että raskaiden autojen matkanopeus ei tule suuremmaksi kuin kevyiden autojen ($dV_{rask} \geq (V_{rask} - V_{kev} + dV_{kev})$).

Korjataan matkanopeuden alenemaa tarvittaessa seuraavasti:

- öljysorapäällysteinen tie: lisäalenema $0,04 \cdot V_{kev}$
- sorapäällysteinen tie: lisäalenema $0,1 \cdot V_{kev}$
- liikennevalot: tarkastellaan erikseen.

Esimerkiksi: 0-vaihtoehto, 1000. tunti vuonna 2000:					
$dV_{kev} = 80/600 \cdot 36 + 13,8/10 \cdot 0,53 + 0,08 \cdot 83,8 \cdot 591/1000 = \underline{9,5}$					
$dV_{rask} = 0,04 \cdot 82,0 \cdot 591/1000 + 0,3 \cdot 15 = 6,4$					
Tarkistus: $dV_{rask} \geq 82,0 - 83,8 + 9,5 = 7,7$ eli $dV_{rask} = \underline{7,7}$					
Matkanopeuden alenema, dV (km/h)					
	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto:					
dV_{kev}	<u>9,5</u>	10,1	10,9	11,1	11,4
dV_{rask}	<u>7,7</u>	8,4	9,1	9,4	9,7
Ve 1, uusi tie:					
dV_{kev}	5,8	6,5	7,2	7,5	7,7
dV_{rask}	4,3	4,6	4,9	5,0	5,1
Ve 1, vanha tie:					
dV_{kev}	6,3	6,5	6,6	6,7	6,7
dV_{rask}	4,9	4,9	5,0	5,0	5,1

Keskimääräinen matkanopeus määritetään ke-
vyille ja raskaille autoille kaavoista:

$$V_{kev} = V_{kev} - dV_{kev}$$

$$V_{rask} = V_{rask} - dV_{rask}$$

Esimerkiksi: Ve 1, uusi tie v. 2010:					
$V_{kev} = 103,8 - 7,2 = \underline{96,6}$					
$V_{rask} = 87,0 - 4,9 = \underline{82,1}$					
Keskimääräinen matkanopeus, v (km/h)					
	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto:					
V_{kev}	74,3	73,6	72,9	72,6	72,3
V_{rask}	74,3	73,6	72,9	72,6	72,3
Ve 1, uusi tie:					
V_{kev}	97,9	97,3	<u>96,6</u>	96,3	96,0
V_{rask}	82,7	82,4	<u>82,1</u>	82,0	81,9
Ve 1, vanha tie:					
V_{kev}	77,4	77,3	77,2	77,1	77,0
V_{rask}	77,1	77,1	77,0	77,0	76,9

3.4 Ajoneuvokustannusten laskeminen

Ajoneuvokustannukset (Ank, p/km) kevyille ja raskaille autoille saadaan laskettua kohdassa 2.2 määritettyjen kustannusosien avulla. Ajosuorite-riippuvainen osa ns. kiinteistä kustannuksista lasketaan mukaan sellaisenaan. Ajoajasta riippu-
vainen osa kiinteistä kustannuksista kerrotaan vertailunopeuden (kevyillä autoilla 80 ja raskailla 70 km/h) ja 1000. tunnin matkanopeuden suh-
teella.

Taulukoista 3.1 ja 3.2 (sivu 25) saadaan määritet-
tyä **suhteellinen polttoaineenkulutus (dP)**
vapaan matkanopeuden ja 1000. tunnin matka-

nopeuden avulla (polttoaineenkulutus tieosalla
verrattuna kulutukseen keskimäärin koko vuon-
na). Polttoaineenkulutuksesta riippuvainen kus-
tannusosa (muuttuvat kustannukset, kohta 2.2)
kerrotaan suhteellisella polttoaineenkulutuksella.

$$Ank_{kev} = A_{kev}/2+80/v_{kev} \cdot A_{kev}/2+dP_{kev} \cdot B_{kev}$$
$$Ank_{rask} = A_{rask}/2+70/v_{rask} \cdot A_{rask}/2+dP_{rask} \cdot B_{rask}$$

Kaavojen kertoimien A ja B arvot vuoden 1992
kustannustasossa ovat: $A_{kev} = 35,0$, $B_{kev} = 42,8$,
 $A_{rask} = 194,0$ ja $B_{rask} = 167,0$ p/km (sivu 13).

Esimerkiksi: Ve 1, vanha tie, raskaan auton ajoneuvokustannukset (p/km)
vuonna 2015:
Raskaan auton ajoneuvokustannusten kiinteä osa $A_{rask} = 194,0$ p/km ja
muuttuva osa $B_{rask} = 167,0$ p/km.
Vastaava suhteellinen polttoaineenkulutus on 0,842, kun vapaa nopeus on
82,0 km/h ja keskimääräinen matkanopeus 77,0 km/h (taulukko 3.2).
 $Ank_{rask} = 194,0/2+70/77,0 \cdot 194,0/2+0,842 \cdot 167,0 = \underline{325,9}$

Ajoneuvokustannukset, Ank _{kev} ja Ank _{rask} (p/km)					
	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto:					
Ank _{kev}	74,0	74,2	74,4	74,5	74,6
Ank _{rask}	331,9	333,4	335,1	335,8	336,5
Ve 1, uusi tie:					
Ank _{kev}	73,7	73,7	73,7	73,7	73,7
Ank _{rask}	325,1	325,6	326,1	326,3	326,5
Ve 1, vanha tie:					
Ank _{kev}	73,3	73,3	73,3	73,3	73,4
Ank _{rask}	325,6	325,7	325,9	<u>325,9</u>	326,0

Taulukko 3.1 Kevyen auton suhteellinen polttoaineenkulutus verrattuna keskimääräiseen kulutukseen

[illegible]

Taulukko 3.2 Raskaan auton suhteellinen polttoaineenkulutus verrattuna keskimääräiseen kulutukseen

[illegible]

Liikenteen vuotuiset ajoneuvokustannukset tie-
osittain (linkeittäin) saadaan laskettua liikenne-
määrän ja linkin pituuden avulla:

Ajoneuvokustannukset lasketaan linkeittäin kulle-
kin tarkasteluvuodelle erikseen kevyille ja ras-
kaille autoille.

$Ank(Mmk/v) = Ank(p/km) \cdot KVL \cdot 365 \cdot L/10^8$

Ajoneuvokustannukset, Ank (Mmk/v)					
	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto:					
Ank _{kev}	24,1	28,0	32,5	34,2	36,0
Ank _{rask}	17,3	20,2	23,5	24,8	26,1
Ve 1, uusi tie:					
Ank _{kev}	17,6	20,4	23,6	24,8	26,1
Ank _{rask}	12,4	14,4	16,7	17,6	18,5
Ve 1, vanha tie:					
Ank _{kev}	4,8	5,5	6,4	6,7	7,1
Ank _{rask}	3,4	3,9	4,6	4,8	5,1
Ve 1, yhteensä:					
Ank _{kev}	22,3	25,9	30,0	31,5	33,1
Ank _{rask}	15,8	18,3	21,3	22,4	23,6

3.5 Aikakustannusten laskeminen

Aikakustannukset (Aik, p/km) saadaan laskettua joko autolajeittain eri matkantarkoituksen mukaan, tai kevyille ja raskaille autoille kohdan 2.4

kustannusten ja keskimääräisten matkanopeuksi-
en avulla.

Esimerkiksi: Ve 1, uusi tie, kevyet autot v. 2005					
$Aik_{kev} = 43,50/97,3 \cdot 100 = \underline{44,7}$					
Aikakustannukset , Aik _{kev} ja Aik _{rask} (p/km)					
	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto:					
Aik _{kev}	58,6	59,1	59,7	59,9	60,1
Aik _{rask}	201,7	203,5	205,5	206,3	207,1
Ve 1, uusi tie:					
Aik _{kev}	44,4	<u>44,7</u>	45,1	45,2	45,3
Aik _{rask}	181,2	181,8	182,5	182,7	183,0
Ve 1, vanha tie:					
Aik _{kev}	56,2	56,3	56,4	56,4	56,5
Aik _{rask}	194,3	194,4	194,6	194,7	194,7

Vuotuiset aikakustannukset tieosittain (linkeittäin)
lasketaan ajoneuvokustannusten tapaan:

$$Aik(Mmk/v) = Aik(p/km) \cdot KVL \cdot 365 \cdot L/10^8$$

Esimerkiksi: ve 1, uusi tie, raskaat autot v. 2010					
$Aik_{rask} = 182,5 \cdot 1098 \cdot 365 \cdot 12,8/10^8 = \underline{9,4}$					
Aikakustannukset , Aik _{kev} ja Aik _{rask} (Mmk/v)					
	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto:					
Aik _{kev}	19,1	22,3	26,1	27,5	29,1
Aik _{rask}	10,5	12,3	14,4	15,2	16,0
Ve 1, uusi tie:					
Aik _{kev}	10,6	12,3	14,4	15,2	16,0
Aik _{rask}	6,9	8,0	<u>9,4</u>	9,9	10,4
Ve 1, vanha tie:					
Aik _{kev}	3,7	4,2	4,9	5,2	5,5
Aik _{rask}	2,0	2,4	2,7	2,9	3,0
Ve 1, yhteensä:					
Aik _{kev}	14,2	16,6	19,3	20,4	21,5
Aik _{rask}	8,9	10,4	12,1	12,7	13,4

3.6 Onnettomuusmäärien selvittäminen

Liikennetaloudellisia laskelmia varten tärkeintä ja useimmiten riittävää on selvittää mahdollisimman luotettavasti **henkilövahinko-onnettomuuksien määrissä tapahtuvat muutokset**. Pelkästään omaisuusvahinkoihin johtavien onnettomuuksien taloudellinen merkitys on laskelmissa marginaalinen.

Henkilövahinko-onnettomuuksien määriä voidaan arvioida useiden eri menetelmien avulla. Käytävissä on onnettomuusmäärämalleja, tietoja onnettomuusasteista erilaisissa tie- ja liikenneoloissa sekä arvioita tienpitotoimien vaikutuksista erilaisiin onnettomuustyyppisiin. Onnettomuustarkastelun lähtökohtana on kuitenkin aina liikenneonnettomuuksien analysointi siltä verkon osalta, jolla tapahtuvat liikenteelliset muutokset ovat kustannustarkastelun kannalta merkittäviä.

Tapahtuneiden henkilövahinko-onnettomuuksien määrä ei useinkaan kuvaa riittävän luotettavasti tietyn tienosan turvallisuustasoa. Pieniin onnettomuuslukuihin liittyy suurta satunnaisvaihtelua tilastointiin sisältyvien epävarmuustekijöiden lisäksi. Luotettavimmat arviot kohteen turvallisuustilanteesta voidaan tehdä yhdistämällä tiedot tapahtuneista onnettomuuksista sekä tie- ja liikenneolojen pohjalta lasketuista keskimääräisistä onnettomuusmäärien arvioista.

Seuraavassa esitetyllä menettelyllä voidaan karkeasti arvioida onnettomuustilanteen muutosten taloudellisia vaikutuksia. Tarkastelu on jaettu kahteen osaan:

- nykyisen ja uuden tieyhteyden onnettomuustarkastelu
- parannetun tien onnettomuustarkastelu.

Nykyisen ja uuden tieyhteyden onnettomuudet

Nykyisen tien henkilövahinko-onnettomuusasteelle (heva-onn./milj.autokm) saadaan määritettyä melko luotettava odotusarvo laskemalla viiden viimeisimmän vuoden havaitun onnettomuusasteen ja tieolojen perusteella arvioitavan keskimääräisen onnettomuusasteen (taulukko 3.3) keskiarvo. Heva-onnettomuusasteen odotusarvo on tällöin:

$$OA = (OA_{hav} + OA_{kes})/2$$

Uuden tieyhteyden onnettomuusaste joudutaan arvioimaan suunniteltujen tieolosuhteiden ja ennustettujen liikenneolosuhteiden pohjalta. Karkean arvion tulevan onnettomuustilanteen tasosta voi tehdä taulukon 3.3 tieolosuhteisiin pohjautu-

van keskimääräisen onnettomuusasteen avulla ($OA = OA_{kes}$).

Taulukon 3.3 heva-onnettomuusasteet kuvaavat tielinjan ja liittymien yhdistettyä onnettomuusastetta. Liittymäalueiden (määriteltynä 200 m:n tieosana liittymän keskikohdasta kumpaankin suuntaan) karkeassa tarkastelussa voidaan käyttää taulukon 3.3 lukuarvoja kerrottuna kahdella. Jos tarkasteltavalla tieosuudella on tapahtunut verrattain paljon henkilövahinko-onnettomuuksia (vähintään 20 onnettomuutta viiden viimeisimmän vuoden aikana), voidaan heva-onnettomuusasteen odotusarvo laskea pelkkien tapahtuneiden onnettomuuksien määrän perusteella.

Taulukko 3.3 Henkilövahinko-onnettomuuksien keskimääräisiä onnettomuusasteita (onnettomuudet/milj.autokm) yleisillä teillä

Moottoriväylät ¹⁾

Moottoritie	0,10
Moottoriliikennetie	0,11

1) Sisältää eritasoliittymien onnettomuudet

Taajamien ulkopuoliset muut tiet

Tietyyppi	Nopeusrajoitus (km/h)		
	≤ 70 km/h	80 km/h	100 km/h
Valta- tai kantatie	0,28	0,19	0,14
Seudullinen tie, kooja- tai yhdystie	0,27	0,21	0,15

Tiet taajamissa ²⁾

Tieympäristö	Nopeusrajoitus (km/h)		
	≤ 50 km/h	60 - 70 km/h	≥80 km/h
Tien varressa palveluja	0,61	0,44	0,24
Tien varressa muuta maankäyttöä	0,34	0,30	0,23

2) Tieräkisterin tietolajin 306, Maankäyttötieto mukainen taajaman tie.

Huom: Taulukosta saadaan erilaisten tieolosuhteiden keskimääräinen henkilövahinkojen onnettomuusaste. Nopeusrajoitus on valittu yksin kuvaamaan tie- ja liikenneolosuhteita. Nopeusrajoituksen muutoksen vaikutusta ei kuitenkaan voida arvioida taulukon perusteella, sillä eri nopeusrajoituksen alaiset tiet poikkeavat toisistaan yleensä myös monella muulla tavalla.

Heva-onnettomuusasteen odotusarvon ja vuotuisen ajosuoritteen tulona saadaan laskettua halutun tarkasteluvuoden henkilövahinko-onnettomuuksien määrä taloudellisuyslaskelmia varten yleensä riittävän luotettavasti:

Liikennemäärän kasvun ei laskelmissa oleteta vaikuttavan tieosuuden onnettomuusasteeseen tieolosuhteiden pysyessä muuttumattomina, jolloin onnettomuusmäärät kasvavat ajosuoritteen suhteessa.

$$O \text{ (heva-onn./a)} = OA \cdot KVL \cdot 365 \cdot L/10^6$$

Parannetun tien onnettomuudet

Parannettavan tien henkilövahinko-onnettomuuksien määrä arvioidaan ensin ilman parantamistoimenpiteitä (O_{ilm}) samalla tavoin kuin nykyisen tien onnettomuusmäärä. Parantamistoimenpitei-

den vaikutus onnettomuusmäärään voidaan arvioida tien parantamistoimenpiteen mukaisen vaikutuskertoimen avulla (taulukko 3.4).

Taulukko 3.4 Turvallisuustoimenpiteiden vaikutus heva-onnettomuuksiin

TOIMENPIDE	VAIKUTUS KERROIN (k)	TOIMENPIDE	VAIKUTUS KERROIN (k)
KEVYTLLIIKENTEEJÄRJESTELYT		LIITTYMIEN PARANTAMINEN	
kevytliikenteen väylä	0,85	liittymän kanavointi (kun ongelmana ei ole risteämisonn.)	
kevytliikenteen eritaso	0,85	- 4-haaraliittymä	0,75
koroke suojatielle	0,90	- 3-haaraliittymä	0,95
suoja tien valo-ohjaus	0,90	- valo-ohj.liittymä	0,85
LIIKENTEEJÄRJESTELYT		liittymän porrastaminen	0,75
nopeusrajoituksen muutos		kiertoliittymän rakentaminen	0,80
50 → 60 km/h	1,10	eritasoliittymän rakentaminen	0,60
50 → 70 km/h	1,19	väistötilan rakentaminen	0,85
60 → 50 km/h	0,91		
60 → 70 km/h	1,09	TIEN PARANTAMINEN	
60 → 80 km/h	1,18	moottoriliikennetie → mo-tie	0,90
70 → 50 km/h	0,84	tievalaistus	0,95
70 → 60 km/h	0,92	suuntauksen parantaminen	0,90
70 → 80 km/h	1,08	kapean tien leventäminen	
70 → 100 km/h	1,54	taajaman ulkopuolella	0,80
		ohituskaista	0,95
80 → 50 km/h	0,78	yksityistiejärjestelyt	0,90
80 → 60 km/h	0,85		
80 → 70 km/h	0,93	TAAJAMAN LIIKENNEJÄRJESTELYT	
80 → 100 km/h	1,43	liikennesaneeraus, sisältää	
100 → 70 km/h	0,65	nopeusrajoituksen alentamisen	0,70
100 → 80 km/h	0,70		
LIIKENNEVALOT		RAUTATIEJÄRJESTELYT	
- uusi valo-ohjaus		STOP-merkin asettaminen	0,50
- 4-haaraliittymä	0,60	puolipuoimit	0,30
- 3-haaraliittymä	0,80		
- liikennetieto-ohjaus	0,80	TALVIKUNNOSSAPITO	
kärkikolmion asettaminen	0,95	tehostettu liukkauden torjunta	0,85
STOP-merkin asettaminen	0,75		

Huom: Esim. liittymän parantamisen (paikkaan sidottu toimenpide) katsotaan vaikuttavan 200 metrin matkalla tien kumpaankin suuntaan.

Arvio toimenpiteen jälkeisestä henkilövahinko-onnettomuuksien määrästä saadaan suoraan kertomalla ilman toimenpidettä tapahtuvaksi arvioitu onnettomuusmäärä vaikutuskertoimella:

$$O(\text{heva-onn./a}) = k \cdot O_{ilm}$$

Vaikutuskertoimilla kerrottaviin onnettomuusmääriin (O_{ilm}) saa sisältyä vain ne onnettomuudet, joi-

hin toimenpiteellä voi olla vaikutusta. Jos kaksi toimenpidettä (tai useampi) vaikuttaa samoihin onnettomuuksiin, saadaan arvio onnettomuusmäärästä kertomalla lähtökohtatilanteen onnettomuusmäärä yksittäisten toimenpiteiden vaikutuskertoimien tulolla. Nopeusrajoituksen muuttaminen parannetulla tiellä alkuperäisestä muuttaa onnettomuustilannetta ja myös sen vaikutus arvioidaan taulukon 3.4 vaikutuskertoimien avulla.

Taulukon 3.4 vaikutuskertoimet ovat verrattain karkeita keskiarvolukuja. Toimenpiteiden todellinen vaikutus onnettomuustilanteeseen on kuitenkin paljon riippuvainen kohteen toteuttamisen yksityiskohdista ja laadusta. Vaikutuskertoimet soveltuvat siten taloudellisuuslaskelmien tarpeisiin mutta eivät erilaisten toimenpidevaihtoehto-

jen valintapäätösten perustaksi. Yksityiskohtaisempia tarkasteluja varten on käytettävissä mm. julkaisut : Tienpitotoimenpiteiden vaikutus liikenneturvallisuuteen (TIEH 701875. Helsinki 1990) ja Tiehankkeiden turvallisuusvaikutusten arviointi (VTT, tutkimusselostus 822. Espoo 1991).

Esimerkkitapauksessa onnettomuusasteet arvioitiin nykyiselle tielle (sekä 0-vaihtoehdolle että ve 1:lle) viiden vuoden onnettomuustietojen ja taulukon 3.3 avulla. Onnettomuusasteen oletettiin pysyvän samana koko tarkasteluajanjakson. Moottoriliikennetien onnettomuusaste arvioitiin taulukon 3.3 keskimääräisen onnettomuusasteen avulla. Näin saatiin nykyiselle tielle henkilövahinko-onnettomuusasteeksi $(0,17+0,19)/2 = 0,18$ onn./milj. autokm ja moottoriliikennetielle 0,11 onn./milj. autokm.

Onnettomuusasteiden ja liikennemäärien perusteella arvioitiin henkilövahinko-onnettomuuksien määrät eri vuosille.

Esimerkiksi: ve 1, uusi tie v. 2015:

$0,11 \cdot 8352 \cdot 365 \cdot 12,8/10^6 = 4,3$ henkilövahinko-onnettomuutta

	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto	6,8	7,9	9,1	9,6	10,1
Ve 1, uusi tie	3,0	3,5	4,1	<u>4,3</u>	4,5
Ve 1, vanha tie	1,4	1,6	1,8	1,9	2,0
Ve 1, yhteensä	4,4	5,1	5,9	6,2	6,5

3.7 Onnettomuuskustannusten laskeminen

Onnettomuuskustannukset voidaan suunnitteluti-
lanteissa usein arvioida riittävällä tarkkuudella
käyttämällä henkilövahinko-onnettomuuksien
määrää ja yksikkökustannusta. Arvio kustannuk-
sista voidaan vain poikkeustapauksissa tehdä
onnettomuuksien vakavuusasteiden ja vastaavi-

en onnettomuuksien yksikkökustannusten perus-
teella. Omaisuusvahinko-onnettomuuksien kus-
tannukset voidaan ottaa huomioon vakiokerto-
imen avulla (esim. kerroin 1,1, jolloin osuus on-
nettomuuskustannuksista on noin 10%).

Esimerkkitapauksessa onnettomuuskustannuksina käytettiin kaikissa vaihto-
ehdoissa keskimääräistä henkilövahinko-onnettomuuden kustannusta. Omai-
suusvahinko-onnettomuudet otettiin huomioon kertoimen avulla.

Esimerkiksi: 0-ve v. 2005: $Onk = 7,9 \cdot 945000 \cdot 1,1 / 10^6 = 8,2$

	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto	7,1	<u>8,2</u>	9,5	10,0	10,5
Ve 1, uusi tie	3,2	3,7	4,2	4,5	4,7
Ve 1, vanha tie	1,4	1,6	1,9	2,0	2,1
Ve 1, yhteensä	4,6	5,3	6,1	6,5	6,8

3.8 Ympäristökustannusten laskeminen

Liikenteen aiheuttamat päästöt, melutasot ja melualueilla asuvat lasketaan sen tieverkon alueelta, jonka liikennemääriin tai -olosuhteisiin tiehanke vaikuttaa merkittävästi.

Melun vaikutustarkasteluissa määritetään päiviiliikenteen (klo 7-22) ulkomelun ekvivalenttitasot. Väylän läheisyydessä määritetään erikseen 55, 65 ja 70 dB:n melutasojen etäisyys tiestä eli melurajat (melukäyrät) ja arvioidaan näiden rajamilla melualueilla asuvien määrät laskentajakson päättymisvuonna. Melualueiden rajoja ei yleensä ole tarpeen määrittää erikseen tarkastelujakson muina vuosina, sillä liikennemäärien normaalit muutokset vaikuttavat melutasoihin vain vähän. Asukkaiden määrien arviointiin voidaan käyttää väestörekisterin tietoja tai rakennusten määrän avulla tehtyjä arvioita.

Meluhaittojen kustannukset lasketaan melun yksikkökustannuksen ja melun häiritseväksi kokevien määrän avulla kohdassa 2.6 esitettyjen periaatteiden mukaisesti.

Pakokaasupäästöjä laskettaessa tulee ottaa huomioon ajo-olosuhteet, nopeustaso ja ajoneuvojen tekninen kehittyminen.

Verkon katuosuuksille ja maantieosuuksille tulee käyttää eri ominaispäästökertoimia (g/ajokm).

Pakokaasupäästöt lasketaan vähintään tien avaamisvuodelle, yhdelle välivuodelle ja viimeiselle tarkasteluvuodelle. Päästöjen kehittymiseen vaikuttaa mm. katalysaattoriautojen yleistyminen. Vuonna 2010 autokannan oletetaan pääosin täytävän sekä raskaille ajoneuvoille että henkilöautoille asetetut tiukemmat päästömääräykset. Pakokaasujen päästöt eivät tarkastelujaksolla välttämättä kehity lineaarisesti.

Pakokaasujen kustannukset lasketaan päästömäärien (tonnia/vuosi) ja kohdassa 2.6 esitettyjen päästöjen yksikkökustannusten (mk/tonni) avulla.

Tietoja melutasojen ja pakokaasupäästöjen laskennasta löytyy julkaisuista: Vähemmän melua - opas tiensuunnittelijoille (TIEL 2150005, Hki 1991) ja Tieliikenteen pakokaasupäästöt, perustietoja, laskentamenetelmät (TIEL 703611, Hki 1990). Katuosuuksilla voidaan päästöjen laskemiseen käyttää VTT:n LIISA-tietojärjestelmän ominaispäästökertoimia eri katutyypeille (Tieliikenteen pakokaasupäästöt, LIISA 2.1, VTT/TGL Tutkimusraportti 63, Espoo 1991).

Esimerkkitapauksessa on arvioitu melualueilla asuvien määrät tarkastelujakson lopussa vuonna 2020, jolloin nykyisellä tiellä 55 dB:n melualue olisi noin 140 m levyinen, mutta se kapenee 60 metriin osan liikenteestä siirtyessä uudelle tielle. Uudella tiellä on vastaavan melualueen leveys noin 160 metriä ja alueelle jää yksittäisiä rakennuksia. Melun häiriönä kokevien asukkaiden määrä lasketaan sivulla 18 esitetyn taulukon avulla.

Esimerkiksi: 0-ve, melun häiritsemiä yhteensä = 0,33•190 + 0,50•51 = 89

	Melualueella asuvien määrät v. 2020			Melun häiriönä kokevien asukkaiden määrä
	Melutaso	55-65 dB	65-70 dB >70 dB	
0-vaihtoehto	190	51	0	<u>89</u>
Ve 1, uusi tie	15	0	0	5
Ve 1, vanha tie	90	0	0	30

Esimerkkitapauksessa laskettiin päästöt erikseen kevyille ja raskaille ajoneuvoille. Laskennassa on otettu huomioon ajoneuvojen tekninen kehittyminen, nopeustaso ja ajo-olosuhteet. Taulukossa esitetyt luvut ovat vuotuisia kokonaispäästöjä 10 vuoden välein laskettuina.

Vuosi	Vuotuiset päästömäärät, tonneja		
	2000	2010	2020
0-vaihtoehto			
Typen oksidit	72,4	62,3	67,9
Hiilivedyt	12,3	8,7	9,8
Hiukkaset	9,5	10,7	11,5
Hiilidioksidi	9800	13400	14900
Ve 1, uusi tie			
Typen oksidit	57,9	46,9	50,5
Hiilivedyt	6,6	5,0	5,3
Hiukkaset	7,0	7,8	8,5
Hiilidioksidi	7300	9800	10800
Ve 1, vanha tie			
Typen oksidit	14,4	11,4	12,2
Hiilivedyt	1,8	1,2	1,4
Hiukkaset	1,9	2,1	2,3
Hiilidioksidi	2000	2600	2900

Esimerkkitapauksen ympäristökustannukset (Mmk/vuosi) esitetään seuraavassa taulukossa. Väli vuodet (2005 ja 2015) on laskettu suoraan interpoloimalla. Melun kustannukset oletetaan koko laskentajakson ajan samoiksi (laskenta vuoden 2020 tilanteen mukaan).

Esimerkiksi 0-vaihtoehto v. 2020: Melun kustannukset = $89 \cdot 5000 \text{ mk} = 0,45 \text{ Mmk}$, pakokaasujen kustannukset = $67,9 \cdot 4800 \text{ mk} + 9,8 \cdot 9600 \text{ mk} + 11,5 \cdot 87500 \text{ mk} + 14900 \cdot 150 \text{ mk} = 3,66 \text{ Mmk}$.

Vuosi	Vuotuiset ympäristökustannukset, Mmk				
	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto					
Melu	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Pakokaasut	2,77	3,05	3,33	3,50	3,66
Ve 1, uusi tie					
Melu	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Pakokaasut	2,05	2,24	2,43	2,54	2,66
Ve 1, vanha tie					
Melu	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Pakokaasut	0,55	0,60	0,64	0,67	0,71
Ve 1, yhteensä					
Melu	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Pakokaasut	2,60	2,83	3,07	3,22	3,37

3.9 Tiehankkeen kustannukset

Tiehankkeen kustannuksiin kuuluvat tien rakentamisen kustannukset rakennusaikaiset korot mukaanluettuna ja tien kunnossapidon kustannukset (Kpk, kunnossapito ja uudellen päällystäminen).

Käytettäessä tämän julkaisun mukaisia yksikkökustannuksia on tiehankkeen kustannukset (arviot) esitettävä tr-indeksin pisteluvun 136 mukaisessa kustannustasossa.

Vuotuiset kunnossapitokustannukset arvioidaan esim. tien kunnossapitoluokan ja kunnossapitolastojen avulla. Uudelleenpäällystämisen kustannukset sisällytetään yleensä kunnossapitokustannuksiin (keskimääräinen vuosikustannus), mutta niitä voidaan periaatteessa käsitellä myös määräaikaisina lisäinvestointeina.

Laskentaesimerkin rakennuskustannukset on arvioitu alunperin tr-indeksin pisteluvun 132 mukaisessa kustannustasossa 155 Mmk:ksi. Ottamalla huomioon indeksimuunnos, rakennusaikaiset korot ja avaamisvuoteen diskontattu jäännösarvo saadaan kuoletettavat rakennuskustannukset.					
Laskennan tr-indeksi	132	⇒	136		
Kustannusarvio	155	⇒	160	Mmk	
Rakennusaika 3 vuotta	Korot yht. 9,3 %		15	"	
Kuoletusaika 30 -"-	Jäännösarvo 33 %		-17	"	
Kuoletettava kustannus (K)			158	Mmk	

Kunnossapitokustannukset (Mmk/vuosi) on laskentaesimerkissä arvioitu seuraaviksi:					
Vuosi	Vuotuiset kunnossapitokustannukset, Mmk				
	2000	2005	2010	2015	2020
0-vaihtoehto	1,0	1,1	1,2	1,2	1,2
Ve 1, uusi tie	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0
Ve 1, vanha tie	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
Ve 1, yhteensä	1,4	1,5	1,6	1,6	1,6

3.10 Taloudellisuustarkastelut

Tienpidon taloudellisuustarkasteluissa liikenteen ajokustannuksiin (AK) lasketaan ajoneuvokustannukset (Ank), aikakustannukset (Aik) ja onnettomuuskustannukset (Onk). Liikenteen ympäristökustannuksiin (Ymk) lasketaan melun ja pakokaasupäästöjen haittojen kustannukset.

Aiempina vuosina tässä julkaisussa on käsitelty pelkästään ajokustannusten määrittämistä. Uutena asiana mukana olevia liikenteen melun ja pakokaasupäästöjen kustannuseriä käsitellään taloudellisuuslaskelmissa samoin periaattein kuin ajokustannuksia. Kuitenkin on suositeltavaa käsitellä sekä ajokustannusten että ympäristökustannusten osakustannuksia ja niiden muutoksia erillisinä. Tuloksina ilmoitetaan tiehankkeiden liikennetaloudelliset tunnusluvut sekä ilman ympäristökustannuksia että niiden kanssa.

Tiehankkeen taloudellisuuteen vaikuttavat liikenteen kustannusten ja rakennuskustannusten lisäksi tien käytön kustannukset (lähinnä tien kun-

nossapito ja uudelleenpäällystäminen, Kpk) sekä erilaiset tiehankkeesta aiheutuvat kerrannaisvaikutukset esim. aluetalouteen.

Hankkeen tarkastelujakson eri vuosina erääntyvät kustannukset (esim. rakennuskustannukset, niiden korot, liikenteen kustannukset) tai vaikutuksina kertyvät rahalliset hyödyt (säästöt) on tarpeen saada keskenään verrattaviksi. Tästä syystä kustannukset ja hyödyt diskontataan sovitulla laskentakorolla (6 %) perusvuoteen (yleensä hankkeen käyttöönottovuosi). Samoin menetellään myös hankkeen laskennallisen jäännösarvon sekä kunnossapito- ja päällystyskustannusten kanssa.

Diskonttaus voidaan tehdä jokaiselta tarkastelujakson vuodelta. Riittävä tarkkuus saadaan määrittämällä kustannukset jakson alku- ja loppuvuodelta sekä välivuosilta 5 (tai 10) vuoden välein, jos liikenteen säästö- tai kustannuserien voidaan olettaa muuttuvan väliaikoina suoraviivaisesti.

Tässä käsitellään yhteenlaskettuja kevyiden ja raskaiden autojen ajokustannuksia sekä ympäristö- ja kunnossapitokustannuksia (Mmk). Käytetty diskonttauskaava antaa 20 vuoden tarkastelujakson vuosikustannusten nykyarvosumman laskettuna 5 vuoden välein määriteltujen vuosikustannusten avulla 6 prosentin korolla. Esimerkiksi: ajoneuvokustannukset, 0-vaihtoehto, kevyet autot: $Ank = 2,5 \cdot 24,1 + 3,74 \cdot 28,0 + 2,79 \cdot 32,5 + 2,09 \cdot 34,2 + 0,78 \cdot 36,0 = 355,3 \text{ Mmk}$					
	0-ve	Ve 1 uusi	Ve 1 vanha	Ve 1 yhteensä	Säästö
Ank _{kev}	355,3	257,8	70,1	327,9	27,3
Ank _{rask}	256,3	182,7	50,0	232,7	23,6
Yhteensä	611,6	440,6	120,1	560,6	51,0
Aik _{kev}	284,0	157,0	53,9	210,9	73,1
Aik _{rask}	156,8	102,1	29,8	132,0	24,8
Yhteensä	440,8	259,1	83,7	342,8	98,0
Onk	103,8	46,4	20,8	67,2	36,6
Yhteensä	1156,2	746,1	224,5	970,6	185,6
Ymk	43,0	27,9	9,1	37,1	6,0
Kpk	13,4	11,3	6,9	18,2	-4,8

Hankkeen taloudelliset tunnusluvut

Hankkeen kannattavuuden arviointia ja eri vaihtoehtojen edullisuuden vertailua varten on kehitetty laskennallisia menetelmiä, joilla eriaikaisia ja erilaisia vaikutuksia yhdistetään edullisuutta kuvaaviksi tunnusluvuiksi.

Yleisimmin käytetyt liikennetaloudelliset tunnusluvut tiehankkeiden vertailussa ovat:

- **Ensimmäisen vuoden tuottoaste (e):**
Tien ensimmäisen käyttövuoden hyödyt jaettu-
na kokonaisinvestoinnilla (kuoletettava kustan-
nus).
- **Hyöty-kustannussuhde (H/K):**
Koko laskenta-ajanjakson (yleensä 20 vuotta)

perusvuoteen diskontattujen hyötyjen suhde
vastaavasti diskontattuihin investointikustan-
nuksiin.

Näiden lisäksi voidaan laskea muitakin tunnuslu-
kuja, joista mainittakoon seuraavat:

- Hankkeen sisäinen korko:
Korkokanta, jolla diskontattuna hyöty-kustan-
nussuhde on yksi.
- Pääoma-arvo:
Kaikkien tarkastelujakson aikana syntyvien
hyötyjen ja kustannusten nykyarvojen erotus.

Laskentakaavoja

$$e = (b_1 - c_1) / K$$

$$H/K = (B - C) / K$$

(nettoperiaatteella laskettuna)

missä: K = perusinvestointi rakennusaikaiset
korot ja jäännösarvo mukaanlu-
kien nykyarvoisena
 b_1 = 1. vuoden hyödyt (AK- ja Ymk-
säästöt 0-vaihtoeht. verraten)
 c_1 = 1. vuoden käyttökust. (Kpk-li-
säys/säästö)

B = liikenteen (+Ymk) hyötyjen nykyarvo
C = käyttökustannusten (Kpk) nykyarvo

(B ja C summattuina koko laskentajaksolta)

Laskentaesimerkin tunnusluvut

Laskentaesimerkin taloudelliset tunnusluvut on laskettu sekä ilman ympäristökustannuksia että niiden kanssa.		
Esimerkiksi (Ymk mukana): $H/K = (185,6 - 4,8 + 6,0) / 158 = \underline{1,18}$ $e = (41,4 - 38,1 + 29,6 - 23,1 + 7,1 - 4,6 + 3,2 - 2,8 + 1,0 - 1,4) / 158 = 0,078 = \underline{7,8 \%}$ (aloitusvuoden 2000 luvuin)		
	Ilman ympäristö- kustannuksia	Ympäristökustannukset mukana
Ensimmäisen vuoden tuottoaste, e	7,5 %	<u>7,8 %</u>
Hyöty-kustannussuhde, H/K	1,14	<u>1,18</u>

4. LIITE

Tuntiliikenneluokkiin perustuva ajoneuvokustannusten alustava laskentamenetelmä

1. Menetelmän erot käsinlaskentamenetelmään verrattuna

Menetelmä eroaa käsinlaskentamenetelmästä lähinnä matkanopeuden määrittämisessä. Laskennat tehdään lisäksi neljälle eri tuntiliikenneluokalle, joiden osuudet määrätään tuntijärjestyskäyrien avulla. Menetelmällä ajoneuvokustannukset on määritettävissä käsinlaskentamenetelmää

tarkemmin etenkin ruuhkautuvilla tieosilla. Laskennan vaatimien useiden välitulosten takia laskennat on syytä kerätä sopiviin taulukoihin, joissa on tilaa eri linkeille, tyyppiautoille, tarkastelutunneille ja tarkasteluvuosille.

2. Lähtötiedot

Lähtötietoina tarvitaan käsinlaskentamenetelmän tietojen lisäksi tuntijärjestyskäyrältä tarkastelutuntien liikenteen osuudet keskivuorokausiliiken-

teestä, sekä niiden välisten tuntien suoriteosuudet vuosisuoritteesta.

3. Tuntiliikenteet

Tuntiliikenteet määritetään neljälle eri tarkastelutunnille (1., 100., 1000. ja 8760. tunti). Samalla määritetään vuoden 1.-100., 101.-1000. ja 1001.-8760. tuntien liikenteen suoriteosuudet vuosisuo-

ritteesta. Nämä saadaan esim. konelaskentapisteiden tuloksista tai kuvan 1 tyyppisistä tuntijärjestyskäyristä.

4. Matkanopeus

Matkanopeus vapaissa oloissa määritetään kuten käsinlaskentamenetelmässä.

Eri liikennetilanteiden nopeuksien määrittämiseksi muodostetaan tarkasteltaville linkeille nopeuskuvaajat. Ne voidaan tehdä kuvien 2 ja 3 mukaisille lomakkeille määrittämällä nopeuskuvaajan piirtämisessä tarvittavat pisteet:

- Kevyen auton nopeus liikennemäärän ollessa vähäinen
- Kevyen auton nopeuskuvaajan taitepisteen liikennemäärä ja sitä vastaava nopeus
- Linkin välityskyky ja sitä vastaava nopeus

- Raskaan auton nopeus liikennemäärän ollessa vähäinen
- Raskaan auton nopeuskuvaajan taitepisteen nopeus.

Nopeuskuvaajat piirretään suoraviivaisina em. pisteiden välillä. Koska matkanopeus vapaissa oloissa on määritetty eri kaavoista kuin nopeuskuvaaja, voi syntyä tilanne, jossa nopeus kasvaisi liikenteen lisääntyessä (korjattava joko vapaata nopeutta tai nopeuskuvaajaa muuttamalla). Jos liikennemäärä vuoden vilkkaimpana tuntina ylittää nopeuskuvaajan taitepisteen liikennemäärän saadaan tuntiliikenneluokkiin perustuvan

menetelmän avulla käsinlaskentamenetelmää tarkemmat tulokset. Kuvien 2 ja 3 yläosien kaa-

voista on piirretty kuvien 4, 5 ja 6 nomogrammit, joita voidaan käyttää kaavojen sijasta.

5. Ajoneuvokustannukset

Tarkastelutunneille määritetään ajoneuvokustannukset kuten käsinlaskentamenetelmässä. Tuntiliikenneluokkien keskimääräiset ajoneuvokustannukset määritetään niitä rajoittavien tarkastelutuntien keskiarvona. Polttoaineenkulutus voidaan

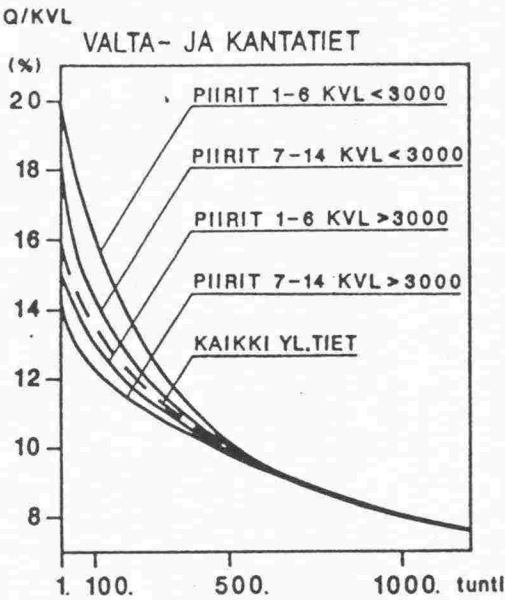
määrittää käsinlaskentamenetelmän yhteydessä esitetyistä taulukoista tai kuvien 7 ja 8 kaavoista. Vuotuiset ajoneuvokustannukset lasketaan tuntiliikenneluokkien keskimääräisistä kustannuksista painottamalla niitä liikennesuoriteosuuksilla.

6. Taloudelliset tunnusluvut

Taloudelliset tunnusluvut voidaan laskea vastaavasti kuin käsinlaskentamenetelmässä. Aikakustannusten on kuitenkin syytä olla määriteltynä

vastaavalla tarkkuudella kuin ajoneuvokustannukset.

Kuva 1. Tyypilliset tuntijärjestyskäyrät ja vastaavat ajosuoriteosuustaulukot



ETELÄ-SUOMI KVL <3000

TUNTILIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1.	20,0	1-100	4,4
100.	16,1	101-1000	24,3
1000.	8,1	1001-8760	71,3
8760.	0,5		100,0

ETELÄ-SUOMI KVL >3000

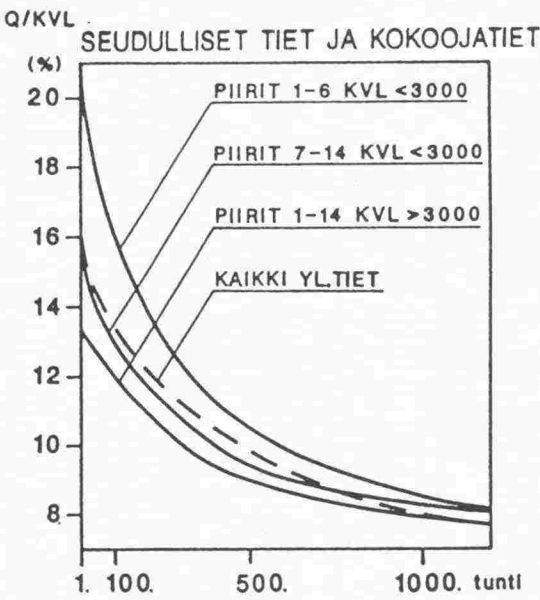
TUNTILIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1.	15,0	1-100	3,6
100.	13,0	101-1000	21,4
1000.	7,9	1001-8760	75,0
8760.	0,5		100,0

POHJOIS-SUOMI KVL <3000

TUNTILIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1.	18,1	1-100	4,0
100.	14,2	101-1000	23,6
1000.	8,1	1001-8760	72,4
8760.	0,3		100,0

POHJOIS-SUOMI KVL >3000

TUNTILIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1.	14,5	1-100	3,4
100.	12,2	101-1000	21,4
1000.	7,9	1001-8760	75,2
8760.	0,4		100,0



ETELÄ-SUOMI KVL <3000

TUNTILIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1.	21,0	1-100	4,5
100.	15,8	101-1000	23,8
1000.	8,5	1001-8760	71,7
8760.	0,3		100,0

POHJOIS-SUOMI KVL <3000

TUNTILIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1.	16,0	1-100	3,5
100.	13,0	101-1000	21,9
1000.	8,3	1001-8760	74,6
8760.	0,4		100,0

KOKO SUOMI KVL >3000

TUNTILIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1.	13,3	1-100	3,2
100.	11,9	101-1000	20,7
1000.	7,9	1001-8760	76,1
8760.	0,5		100,0

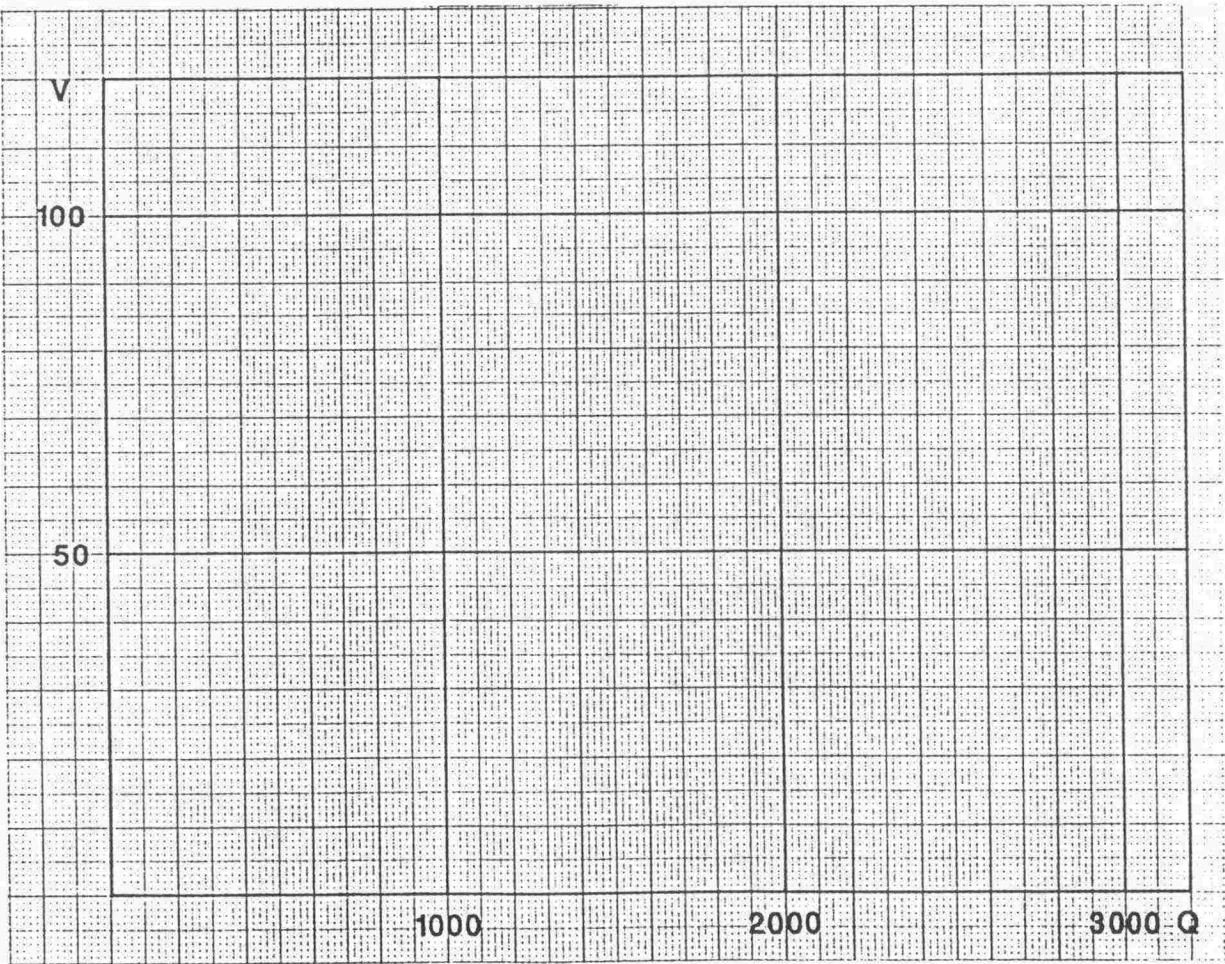
KAIKKI YLEISET TIET

TUNTILIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1.	16,0	1-100	3,7
100.	13,5	101-1000	22,3
1000.	8,0	1001-8760	74,0
8760.	0,4		100,0

Kuva 2. Tuntiliikenne-keskinopeuskuvaajan laskeminen
Yksilajoratainen tie

NOPEUSRAJOITUS	R= _____	km/h	LIITTYMÄTIHEYS kpl/km	
PÄÄLLYSTEEN LEVEYS	L= _____	m	-ERITASO	_____ *0.5= _____
MÄKISYYS	M= _____	m/km	-YL. TIE	_____ *1.0= _____
KAARTEISUUS	K= _____	g/km	-PÄÄKATU	_____ *1.2= _____
RASKAIDEN AUTOJEN OSUUS P= _____	%		-SIVUKATU	_____ *0.8= _____
			-LIIK.VALO	_____ *2.0= _____
			-YKS.TIE	_____ *0.1= _____
			YHTEENSÄ	LT= _____
			(T-liittymät *0.7)	

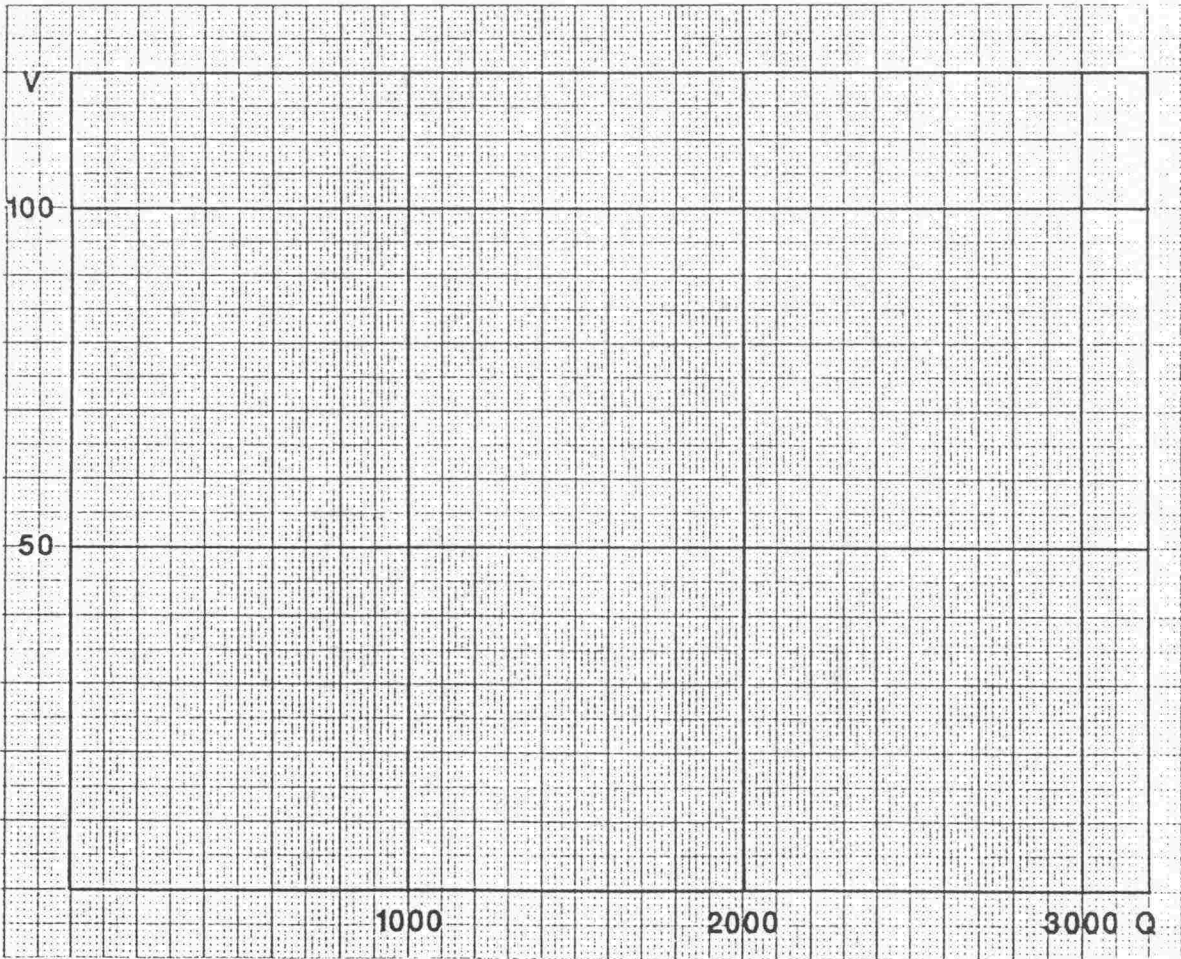
PÄÄLLYSTEKORJAUS	PK= _____
-(Ab 1.0, Ös 0.96, Sr 0.90)	
LIIKENNEVALOKORJAUS	LK= g/t*0.8= _____
VÄLITYSKYKY	Qm= (400+210*L)/(1+P/100)*LK= _____ autoa/h
TAITEPISTE	Qt= Qm*(70-13*LT)/100 = _____ autoa/h
-(0.3*Qm <= Qt <= 0.7*Qm)	
VAPAA NOPEUS, KEVYET	
Vk= (40+0.39*R-R*K/600+1.65*L*R/80)*PK= _____ km/h	
VAPAA NOPEUS, RASKAAT	
Vr= (85/(1+M/200)-LT)*PK = _____ km/h	
-(Vr <= Vk)	
NOPEUS TAITEPISTEESSÄ Vt=Vk-0.08*Vk*Qt/1000= _____ km/h	
-(Raskaalla liikenteellä <= Vr)	
NOPEUS MAKSIMIVIRRALLA	Vm= 0.33*Vk= _____ km/h



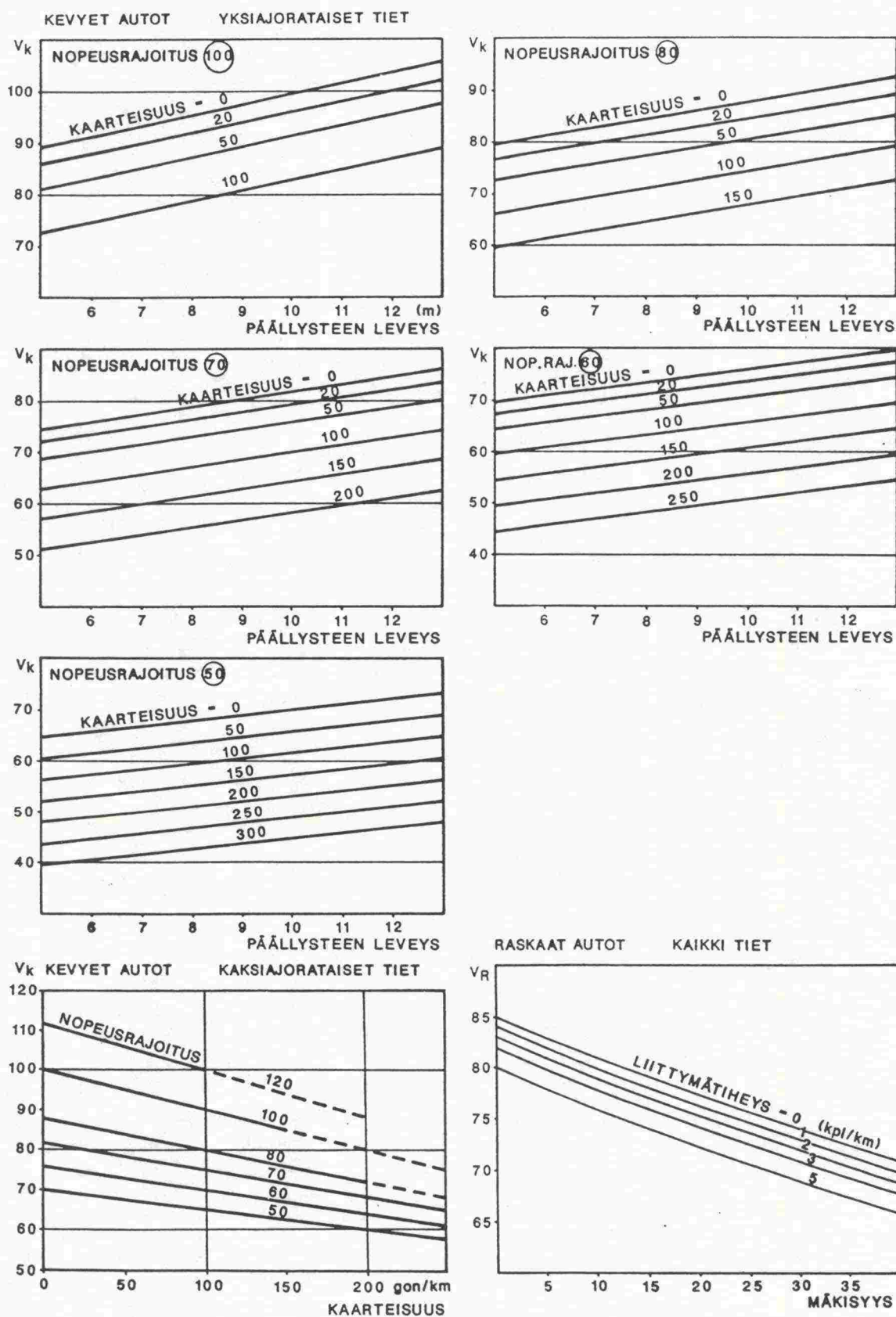
Kuva 3. Tuntiliikenne-keskinopeuskuvaajan laskeminen
Kaksiajoratainen tie

NOPEUSRAJOITUS	R=	_____	km/h	LIITTYMÄTIHEYS kpl/km	
KAISTOJEN LUKUMÄÄRÄ	L=	_____	m	-ERITASO	*0.5= _____
MÄKISYYS	M=	_____	m/km	-YL. TIE	*1.0= _____
KAARTEISUUS	K=	_____	g/km	-PÄÄKATU	*1.2= _____
RASKAIDEN AUTOJEN OSUUS P=		_____	%	-SIVUKATU	*0.8= _____
				-LIIK.VALO	*2.0= _____
				-YKS.TIE	*0.1= _____
				YHTEENSÄ	LT= _____
				(T-liittymät *0.7)	

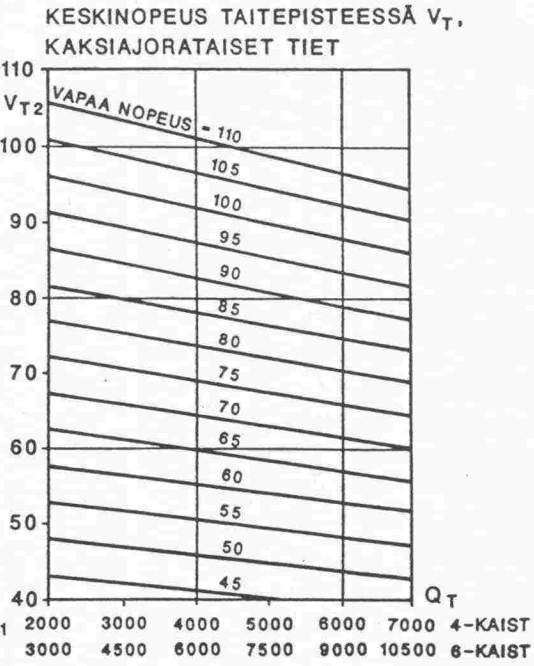
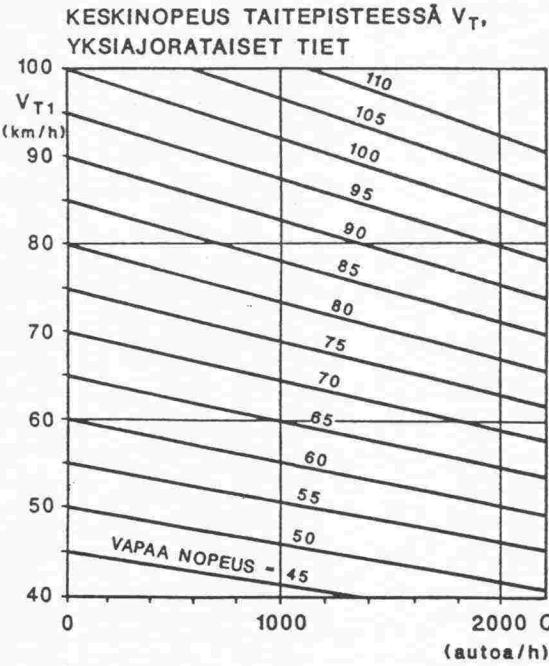
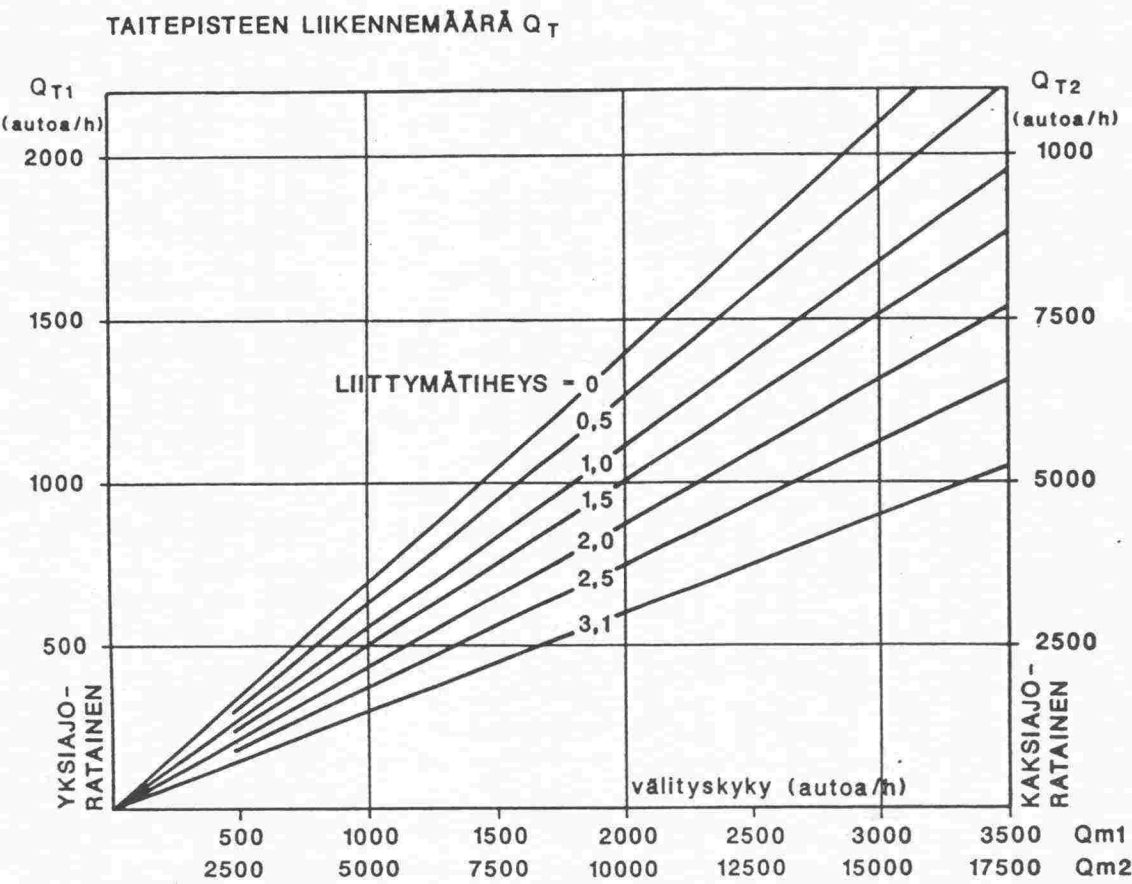
LIIKENNEVALOKORJAUS	LK=	0.64*g/t=	_____	
VÄLITYSKYKY	Qm=	2200*N/(1+P/100)*LK=	_____	autoa/h
TAITEPISTE	Qt=	Qm*(70-13*LT)/100 =	_____	
- (0.3*Qm <= Qt <= 0.7*Qm)		Qt=	_____	autoa/h
VAPAA NOPEUS, KEVYET V _k =	40+0.60*R-0.001*R*K=	_____		km/h
VAPAA NOPEUS, RASKAAT				
V _r =	85/(1+M/200)-LT =	_____		
- (V _r <= V _k)		V _r =	_____	km/h
NOPEUS TAITEPISTEESSÄ				
V _t =	V _k -0.08*V _k *Qt/(N*1000) =	_____		km/h
- (Raskaalla liikenteellä <= V _r)		V _{tr} =	_____	km/h
NOPEUS MAKSIMIVIRRALLA	V _m =	0.33*V _k =	_____	km/h



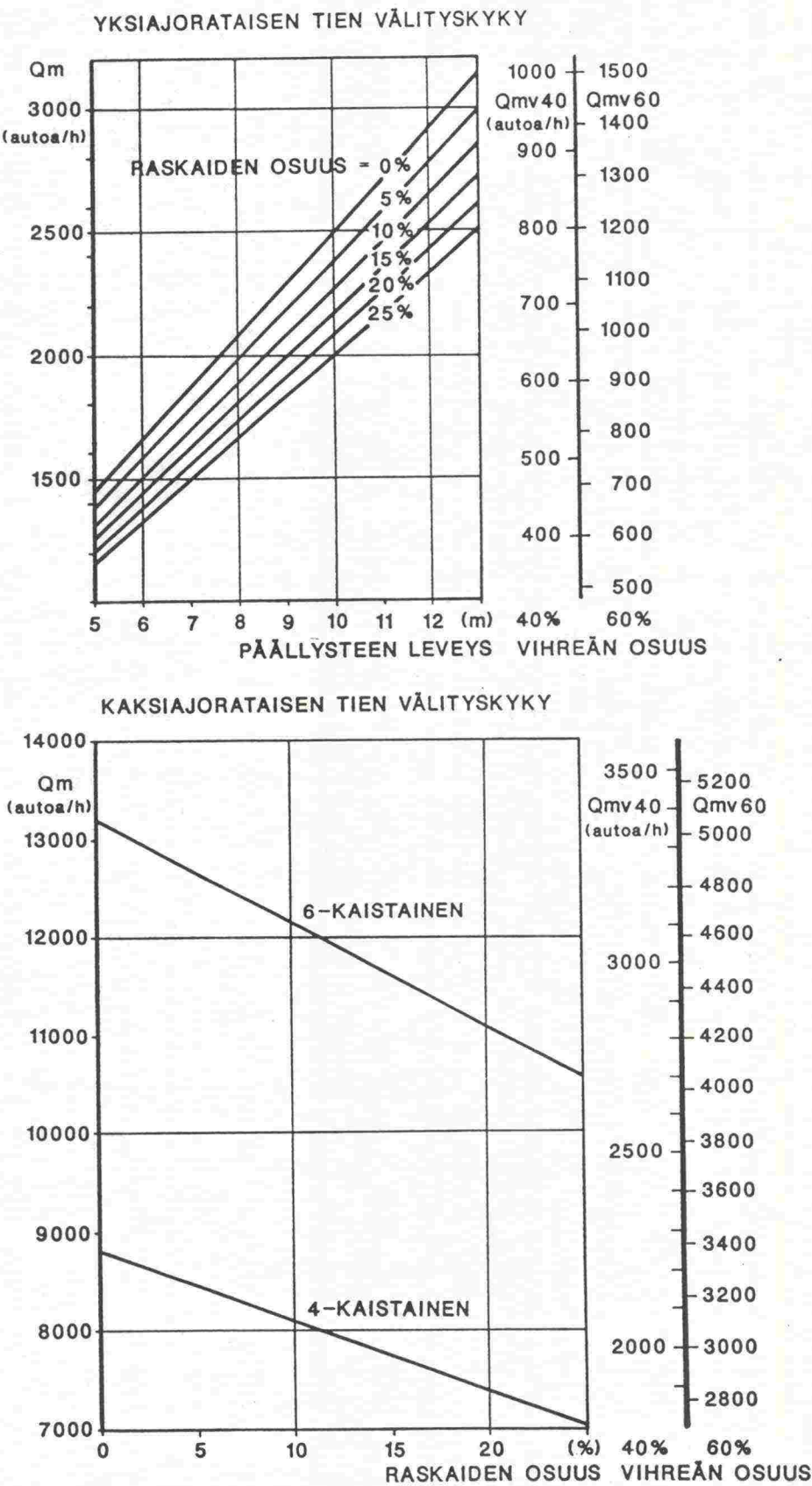
Kuva 4. Vapaan matkanopeuden määrittäminen



Kuva 5. Nopeuskuvaajan taitepisteen määrittäminen



Kuva 6. Välttöskyvyn määrittäminen



Kuva 7. Kustannusmallit kevyiden autojen ajoneuvokustannuksille

A. Ajosuoritteeseen kohdistuva osa (p/km)

$$A_{ha}/2 = 13.3$$

$$A_{pa}/2 = 54.2$$

$$A_{kev}/2 = 17.6$$

B. Ajoaikaan kohdistuva osa (p/km)

$$A_{ha}/2 = 13.3$$

$$A_{pa}/2 = 54.2$$

$$A_{kev}/2 = 17.6$$

C. Polttoaineenkulutuksen mukaan muuttuva osa (p/km)

$$B_{ha} = 41.4$$

$$B_{pa} = 55.0$$

$$B_{kev} = 42.8$$

D. Vertailunopeus (km/h) ja keskimääräinen kulutus (l/100 km)

$$v_0 = 80 \text{ km/h}$$

$$p_{oha} = 7.9$$

$$p_{opa} = 11$$

$$p_{okev} = 8.2$$

E. Polttoaineenkulutussmallit (l/100 km)

$$p_{ha} = 9.12 - 0.084 \cdot V + 0.000701 \cdot V^2 + 0.2339 \cdot dV + 0.007241 \cdot dV^2 - 0.004802 \cdot dV \cdot V + 0.00002070 \cdot dV \cdot V^2 - 0.0001030 \cdot dV^2 \cdot V + 0.0000003903 \cdot dV^2 \cdot V^2$$

$$p_{pa} = 12.22 - 0.084 \cdot V + 0.000701 \cdot V^2 + 0.2339 \cdot dV + 0.007241 \cdot dV^2 - 0.004802 \cdot dV \cdot V + 0.00002070 \cdot dV \cdot V^2 - 0.0001030 \cdot dV^2 \cdot V + 0.0000003903 \cdot dV^2 \cdot V^2$$

$$p_{kev} = 9.43 - 0.084 \cdot V + 0.000701 \cdot V^2 + 0.2339 \cdot dV + 0.007241 \cdot dV^2 - 0.004802 \cdot dV \cdot V + 0.00002070 \cdot dV \cdot V^2 - 0.0001030 \cdot dV^2 \cdot V + 0.0000003903 \cdot dV^2 \cdot V^2$$

(V = keskimääräinen matkanopeus vapaissa oloissa, dV = nopeusalenema)

F. Ajoneuvokustannusmalli (p/km)

$$Ank = A/2 + v_0/v \cdot A/2 + p/p_0 \cdot B$$

Kuva 8. Kustannusmallit raskaiden autojen ajoneuvokustannuksille

A. Ajosuoritteeseen kohdistuva osa (p/km)

$$\begin{aligned} A_{la}/2 &= 91.8 \\ A_{kaip}/2 &= 104.1 \\ A_{kapp}/2 &= 102.7 \\ A_{katp}/2 &= 92.2 \\ A_{ka}/2 &= 98.0 \\ A_{rask}/2 &= 96.7 \end{aligned}$$

B. Ajoaikaan kohdistuva osa (p/km)

$$\begin{aligned} A_{la}/2 &= 91.8 \\ A_{kaip}/2 &= 104.1 \\ A_{kapp}/2 &= 102.7 \\ A_{katp}/2 &= 92.2 \\ A_{ka}/2 &= 98.0 \\ A_{rask}/2 &= 96.9 \end{aligned}$$

C. Polttoaineenkulutuksen mukaan muuttuva osa (p/km)

$$\begin{aligned} B_{la} &= 150.8 \\ B_{kaip} &= 154.7 \\ B_{kapp} &= 161.8 \\ B_{katp} &= 185.7 \\ B_{ka} &= 170.7 \\ B_{rask} &= 167.1 \end{aligned}$$

D. Vertailunopeus (km/h) ja keskimääräinen kulutus (l/100 km)

$$\begin{aligned} v_0 &= 70 \text{ km/h} \\ p_{0la} &= 30 \\ p_{0kaip} &= 26 \\ p_{0kapp} &= 37 \\ p_{0katp} &= 43 \\ p_{0ka} &= 35.3 \\ p_{0rask} &= 34.3 \end{aligned}$$

E. Polttoaineenkulutusmallit (l/100 km)

$$\begin{aligned} p_{la} &= 33.83 - 0.5251 \cdot V + 0.004512 \cdot V^2 + 1.796 \cdot dV + 0.01873 \cdot dV^2 - 0.03785 \cdot dV \cdot V \\ &\quad + 0.0001863 \cdot dV \cdot V^2 - 0.00008578 \cdot dV^2 \cdot V - 0.0000006128 \cdot dV^2 \cdot V^2 \\ p_{kaip} &= 29.32 - 0.5251 \cdot V + 0.004512 \cdot V^2 + 1.796 \cdot dV + 0.01873 \cdot dV^2 - 0.03785 \cdot dV \cdot V \\ &\quad + 0.0001863 \cdot dV \cdot V^2 - 0.00008578 \cdot dV^2 \cdot V - 0.0000006128 \cdot dV^2 \cdot V^2 \\ p_{kapp} &= 48.09 - 0.6553 \cdot V + 0.005882 \cdot V^2 + 1.255 \cdot dV + 0.02685 \cdot dV^2 - 0.007332 \cdot dV \cdot V \\ &\quad - 0.00003271 \cdot dV \cdot V^2 - 0.0006002 \cdot dV^2 \cdot V + 0.000003408 \cdot dV^2 \cdot V^2 \\ p_{katp} &= 55.89 - 0.6553 \cdot V + 0.005882 \cdot V^2 + 1.255 \cdot dV + 0.02685 \cdot dV^2 - 0.007332 \cdot dV \cdot V \\ &\quad - 0.00003271 \cdot dV \cdot V^2 - 0.0006002 \cdot dV^2 \cdot V + 0.000003408 \cdot dV^2 \cdot V^2 \\ p_{ka} &= 43.92 - 0.5993 \cdot V + 0.005293 \cdot V^2 + 1.488 \cdot dV + 0.02336 \cdot dV^2 - 0.02045 \cdot dV \cdot V \\ &\quad + 0.00006146 \cdot dV \cdot V^2 - 0.0003790 \cdot dV^2 \cdot V + 0.000001679 \cdot dV^2 \cdot V^2 \\ p_{rask} &= 42.10 - 0.5860 \cdot V + 0.005152 \cdot V^2 + 1.543 \cdot dV + 0.02253 \cdot dV^2 - 0.02359 \cdot dV \cdot V \\ &\quad + 0.00008393 \cdot dV \cdot V^2 - 0.0003262 \cdot dV^2 \cdot V + 0.000001267 \cdot dV^2 \cdot V^2 \end{aligned}$$

(V = keskimääräinen matkanopeus vapaissa oloissa, dV = nopeusalenema)

F. Ajoneuvokustannusmalli (p/km)

$$A_{nk} = A/2 + v_0 \cdot v \cdot A/2 + p/p_0 \cdot B$$

ISBN 951-47-6062-X
TIEL 2123614-92